
ГАНС ГЮНТЕР
ГРЕЗЫ ТЕХНИКИ
„ЗИФ"

НАУЧНО-ПОПУЛЯРНАЯ БИБЛИОТЕКА
„ЧЕЛОВЕК И ВСЕЛЕННАЯ“

ГАНС ГЮНТЕР

ГРЕЗЫ ТЕХНИКИ

ПЕРЕВОД С НЕМЕЦКОГО Э. ФРЕЙБЕРГА
ПОД РЕДАКЦИЕЙ И ВСТУПИТЕЛЬНОЙ
СТАТЬЕЙ ПРОФ. А. А. ГОРЕВА





„ЗЕМЛЯ И ФАБРИКА“
МОСКВА—ЛЕНИНГРАД
1925



Ленинградский Гублит № 10263. 3000 экз.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Книга Г. Гюнтера посвящена вопросу о возможности использования тех энергетических ресурсов природы, которые должны будут в будущем притти на смену ныне используемой энергии минерального топлива, падающей воды рек и ветра.

Считают, что все известные до сих пор мировые запасы угля, при том темпе развития потребности в нем, какой мы наблюдаем ныне, будут истощены в течение 200 — 300 лет; что сила падения воды рек, которая может быть промышленно утилизирована, может покрыть только небольшую долю той потребности в энергии, которую будет испытывать человечество; что сила ветров, сама по себе колоссальная, все же трудно используема благодаря своему непостоянству.

Развитие культуры на той энергетической базе, на которой в период капитализма развивалась жизнь человечества, ведет, таким образом, к жестокому энергетическому кризису. И этот кризис не за горами. Остатки запасов горючего могут стать яблоком раздора между людьми еще раньше, чем наступит этот кризис. Уже теперь запасы нефти, которые должны быть исчерпаны

при наблюдающемся росте ее потребления в 20—30 лет, служат постоянным источником политических кризисов в капиталистических странах. Падение продуктивности труда вследствие уменьшения использования природной энергии должно будет привести человечество к мальтузианству, взаимному истреблению и всеобщей нищете.

Наука и техника идут однако гигантскими шагами вперед. И трудно поверить, чтобы эта мрачная картина стала когда-нибудь реальностью. Рядом с теми запасами невозобновляющейся энергии угля, истощение которых грозит гибелью современной культуре, имеются колоссальные запасы энергии, которые мы пока не умеем превратить в полезную для нас форму. Да и эту угольную энергию мы используем, как хищники: в термических процессах мы утилизируем не более 30—35% энергии угля, а превращая эту последнюю в энергию движения, мы теряем бесполезно больше 90% ее величины.

Между тем современная техника дает все новые и новые решения: превращение энергии угля в электрический ток, в котором мы получаем в среднем не более $^1/_{10}$ энергии угля, на отдельных новых установках идет уже с гораздо большими коэффициентами полезного действия. Так, современные электрические станции с большими паровыми турбинами утилизируют до 25% энергии угля; применение ртутного пара вместо водяного повышает это использование до $^1/_3$. Двигатели внутреннего сгорания, работающие, однако, только на жидком и газообразном топливе, утилизируют до 35% его энергии.

Недавно Стиллом в Англии была предложена утилизация продуктов горения, которые выбрасываются из цилиндра двигателя внутреннего сгорания. Теплотой этих продуктов испаряется вода, и образующийся пар подталкивает поршень двигателя внутреннего сгорания во время сжатия газовой смеси. Благодаря этому, общее использование тепла повышается до 45%. Таким образом, отдельные технические решения дают нам громадную экономию в процессе превращения тепла в движущую силу. Несомненно, что быстрое движение по этому пути — прекращение того варварства и хищничества, которым является современное энергетическое хозяйство капиталистических стран — позволит человечеству и на базе угольной и нефтяной энергии продлить свое существование.

Говоря вообще, решение задачи о предотвращении энергетического кризиса лежит в двух направлениях: во-первых, необходимо рационализировать использование существующих запасов, повысив экономичность процессов превращения энергии в возможно большей мере; во-вторых, необходимо изыскать и научиться использовать те ресурсы природной энергии, которые мы или не умеем утилизировать вовсе, или не умеем утилизировать экономично. Книга Г. Гюнтера дает интересный очерк попыток в этом втором направлении. Действительно, рядом с запасом энергии, заключенном в ныне нам известных запасах каменного угля на земном шаре, равных, примерно, 7 триллионам тонн (7.10^{12}), мы имеем целый ряд других источников энергии.

Часто эти источники делятся на две группы: на источники возобновляющиеся и невозобновляющиеся. К первой группе относится, например, энергия водных сил, энергия воздушных течений, энергия, получаемая растениями от солнца. Ко второй группе относятся, главным образом, запасы энергии в виде находящихся в земле запасов углерода или его соединений с водородом.

Вопрос о том, являются ли эти последние источники, главными видами которых является каменный уголь и нефть, первозданными или результатом непрерывного процесса, причиной которого является энергия тех же солнечных лучей, до сих пор является спорным. Несомненно, однако, что если процесс этот и имеет периодический характер, то совершается он с геологической медленностью, и что население земного шара в век капитализма расходует этот запас со скоростью во много раз превосходящей скорость его возобновления.

Интересно отдать себе ясный отчет в тех процессах, которые могут служить источником тепла и силы.

В самое последнее время было доказано, что самые атомы химических элементов не являются, вопреки ранее существовавшему мнению, неизменяемыми. Сон алхимиков, стремившихся получить золото из менее ценных элементов, теперь осуществился: недавно было доказано, что в результате длительной работы ртутной лампы в ней появляются следы золота. Правда, золото, которое мы вздумали бы добывать таким путем, стоило бы гораздо дороже натурального; однако, значение этого открытия лежит в том, что оно доказывает возможность

превращения атомов одного металла (ртути) в другой (золото). Еще раньше было, впрочем, известно, что элемент радий самопроизвольно распадается, образуя целый ряд последовательных атомных превращений, конечным звеном которого является свинец. Знали, кроме того, что этот самопроизвольный распад сопровождается выделением энергии и что количество этой энергии, заключенное в ничтожных количествах радия, колоссально. Однако, этот процесс считался присущим только этому элементу — общность его была не только не доказана, но и сомнительна. В последнее время, однако, английским физикам, еще до разрешения задачи алхимии, удалось разложить азот на гелий и водород. Таким образом, возможность превращения химических элементов должна считаться доказанной и общность этой превращаемости — вероятной.

Процессы этого превращения связаны с изменением внутренней энергии атома. Согласно современным воззрениям атом представляет собой миниатюрное подобие солнечной системы. Он состоит из заряженного положительным электричеством ядра, вокруг которого с огромной скоростью вращаются отрицательно заряженные электроны, подобно планетам, вращающимся вокруг солнца. Так как элементы атома — ядро и электроны — обладают свойствами взаимного притяжения и отталкивания и удерживаются в устойчивом состоянии движения благодаря наличию скоростей в их относительном движении, для создания атома из его элементов необходимо произвести определенную затрату работы на то,

чтобы привести электроны в движение и сблизить их друг с другом. Величина этой энергии поддается гипотетическому подсчету. Оказывается, что эти величины различны для различных веществ. Отсюда следует, что превращение одного вещества в другое должно сопровождаться изменением запаса его внутренней энергии. Разница должна быть или введена извне, или, наоборот, в тех превращениях, в которых продукт обладает меньшей энергией, чем исходное вещество, — выделиться наружу в той или другой форме. Таким образом, процесс атомного превращения может служить источником энергии. Количество этой энергии по сравнению с известными нам величинами колоссально. Вопросы энергетики перестали бы существовать для человечества, если бы только ему удалось найти способ производить по своей воле эти превращения.

Некоторые из этих процессов, как мы уже упоминали, именно превращения радия, совершаются самопроизвольно. Такие процессы необходимо должны сопровождаться выделением энергии. К сожалению, радий известен на земном шаре в крайне ничтожных количествах в качестве ничтожнейшей примеси к урановым рудам, и процесс его концентрации весьма дорог. Однако, можно представить себе другой тип атомного превращения. Известно, что уголь не горит в кислороде воздуха при обыкновенной температуре. Стоит, однако, только поднять эту температуру, как начинается процесс горения, т.-е. соединения углерода угля с кислородом воздуха. Этот процесс сопровождается выделением энер-

гии, и за счет этой выделяющейся энергии температура в дальнейшем поддерживается сама собой. Таким образом, для хода экзоэнергетического процесса, т.-е. процесса с выделением энергии, каким является процесс горения, необходимо известное условие — высокая температура. Это условие является результатом самого процесса. Это обстоятельство характерно для типа таких процессов. Это положение можно обобщить: если в результате некоторого процесса создаются те условия, при которых он идет самопроизвольно, за счет своей энергии, такой процесс может быть использован для получения энергии и ее последующей утилизации. Необходимо, конечно, чтобы количество освобождающейся в результате процесса энергии было больше, чем то ее количество, которое необходимо для поддержания условий, при которых процесс может итти.

Вернемся теперь к экзоэнергетическим процессам атомных превращений. Для того, чтобы найти такой процесс, который может сделать внутриатомную энергию доступной для использования, необходимо найти те условия, при которых возможен самопроизвольный ход экзоэнергетического процесса атомного превращения, и разработать метод создания этих условий. Если эти условия будут создаваться в результате самого процесса превращения, мы получим полную аналогию процессу горения с тою разницей, что в процессе горения освобождается энергия химических соединений атомов, тогда как в процессе „атомного горения“ будет освобождаться внутренняя энергия самих атомов.

Однако, до сих пор такой процесс не открыт: подготовительные работы в этой области идут в лабораториях мировых ученых.

Вторая группа процессов, могущих быть источниками утилизируемой энергии, есть группа процессов химических.

Как каждому атому материи свойственен определенный запас внутренней энергии, так и каждому соединению атомов между собой в молекулы различных веществ также свойственен такой запас энергии. Сумма внутренних энергий двух атомов кислорода и одного атома углерода больше внутренней энергии их химического соединения — углекислоты. Поэтому процесс горения есть экзоэнергетический процесс, т.-е. процесс, происходящий с выделением энергии, которая в данном случае имеет тепловую форму. Процесс горения можно изобразить такой химической формулой:

$C + O_2 = CO_2 +$ тепловая энергия, количество которой в данном случае составляет 8400 колорий на 1 кгр. углерода.

Говоря вобще, не только процесс горения, но и все вообще химические процессы, которые идут с выделением энергии, могут быть использованы для получения силы и тепла. Обстоятельства, которые выделяют в этом отношении в первую очередь нефть и каменный уголь, лежат уже в экономических причинах, т.-е. в конечном счете, в количестве труда, которое необходимо затратить на то, чтобы добыть исходные материалы экзотермического процесса и привести их в то состояние, в котором они могут быть использованы.

Источники энергии, о которых шла речь до сих пор, коренятся в тех силах, с которыми действуют друг на друга мельчайшие частицы вещества. Это микрокосмические источники, принадлежащие нашей планете. Однако, подобные источники находятся и на других планетах нашей солнечной системы. Само солнце находится в переживаемый нами космический период в таком состоянии, когда целый ряд таких процессов должен на нем итти самопроизвольно. Если вопрос о происхождении солнечной энергии и является в настоящее время недостаточно разработанным, то во всяком случае несомненно, что колоссальное количество энергии непрерывно излучается солнцем в виде тепла и света и что ничтожная ее часть, превосходящая, однако, во много раз запас нашей угольной энергии, падает на нашу планету. Этот поток тепловой энергии лишь в ничтожнейшей степени используется нами непосредственно с промышленной целью; примерами такого использования являются приведенные в книге Гюнтера примеры солнечносиловых установок в Египте и Калифорнии. В гораздо большей степени мы используем солнечную энергию после ее превращения в другие виды, в которых она может сохраняться более или менее продолжительное время. Испаряя воду морей и океанов, солнце поднимает ее в облака; там эта вода конденсируется вновь и, падая на возвышенные места рельефа земной поверхности, образует бурные потоки

и водопады, энергию которых мы используем на наших многочисленных гидравлических установках.

Нагретый солнцем и отраженный теплотой земной поверхности воздух образует всходящие и нисходящие воздушные течения, образующие, в свою очередь, области повышенного и пониженного барометрического давления. Между этими областями возникают выравнивающие давление потоки воздуха вдоль поверхности земли, т.-е. ветра, энергию которых мы используем в наших ветросиловых установках.

Однако, самый интересный для нас вид, в который солнечная энергия превращается на земле, есть опять-таки микрокосмическая энергия химических веществ, образующихся на земле под действием лучей солнца. Известно, что растения под действием этих лучей разлагают углекислоту на углерод и кислород, т.-е. в процессе их роста образуются вещества углерод и кислород, сумма внутренних энергий коих больше, чем внутренняя энергия исходного вещества—углекислоты. Таким образом, с энергетической точки зрения растительный процесс есть процесс превращения лучистой энергии солнца в химическую энергию растений. Высушенные растения могут возвратить эту запасенную в них энергию в процессе горения. Таким образом, растительность земного шара является огромным аккумулятором солнечной энергии. Собирая (аккумулируя) эту энергию в себе в летний период, растения удерживают ее в себе и могут отдать ее обратно в любое время. Чтобы такая отдача произошла, необходимо

лишь создать те условия, в которых процесс горения идет самопроизвольно, т.-е. поднять температуру на достаточную высоту и обеспечить достаточный приток кислорода воздуха.

Ежегодный прирост растительной массы на земном шаре оценивается цифрой в 32 миллиарда тонн сухого растительного вещества, которые по своей теплотворной способности эквивалентны 18 миллиардам тонн угля. Таким образом, ежегодно запасаемое растениями количество энергии значительно превышает то, которое содержится в расходуемом ныне количестве угля (1,3 миллиарда тонн). При этом солнечная теплота и свет используются на земной поверхности весьма нерационально. Рационализация растительного процесса может в несколько раз увеличить количество ежегодно аккумулируемой растениями солнечной энергии. До сих пор много внимания обращалось на культуру растений, дающих питательные продукты; между тем растениями с энергетической точки зрения интересовались очень мало. Возможно, что работа в этой области радикально изменит нашу точку зрения на значение растительных продуктов в энергетическом процессе. В отличие от рода других источников энергии на земле, энергия растений и продуктов, образующихся из них, каковым является весьма распространенный у нас торф, является неистощимой в той же мере, в какой мы имеем основание считать неистощимой и солнечную энергию. Интересно то, что растительный процесс является не единственным эндоэнергетическим химическим процессом, идущим при

воздействии солнечных лучей. Задача открытия новых химических реакций, которые аккумулировали бы энергию солнечных лучей,—есть одна из крупнейших задач энергетики. Возможно, что на этом пути—пути открытия искусственных растительных процессов—человечество скорее разрешит проблему грядущего энергетического голода, чем на пути утилизации внутриатомной энергии. Интересно отметить, что переход к рациональной утилизации солнечной энергии выдвигает на первый план жаркие зоны земного шара. В естественном растительном процессе, кроме солнечной энергии, играет весьма важную роль вода, так как в состав растительных продуктов входит не толко углерод, но и водород. Богатая растительность поэтому свойственна влажным районам тропического пояса. Наоборот, целый ряд сухих районов этого пояса лишен растительности. Возможно, что в будущем будет найден способ использования солнечной теплоты и в этих районах. Районы эти показаны на карте, приведенной в книге Гюнтера под № 8. Для использования солнечной теплоты этих районов есть еще один путь—именно постепенное изменение вида растений к такому типу, который требует наименьшего количества влаги. Возможно, что поставленная выше задача изыскания искусственного растительного процесса, т.-е. процесса, в котором под действием солнечной энергии углекислота разлагалась бы на свои составные части,—будет решена именно этим путем. Во всяком случае, очевидно, что в настоящее время энергетическое хозяйство земного шара далеко еще от

своего совершенного вида. Действительно, чрезвычайно интенсивно используются невозобновляющиеся или крайне медлено возобновляющиеся источники энергии, каковы каменный уголь и нефть. Наоборот, главный источник постоянно притекающей на землю энергии, именно—лучистая энергия солнечных лучей остается вовсе не использованной как раз там, где ее больше всего, т.-е. в тропических и полутропических пустынях и степях. В основе своей энергетическое хозяйство земного шара является, таким образом, типично хищническим. Задача науки и техники будущего—изыскать те методы, которые дали бы возможность перевести энергетику на новую базу. И прежде всего такой базой должно быть использование солнечной энергии.

Однако, и другая задача, и, повидимому, более близкая по времени и более доступная человечеству при настоящем состоянии техники, стоит во весь рост. Энергия топлива, которая сейчас является основой нашей культуры, также используется совершенно нерационально. Часть ее идет на производство энергии полезного движения, часть—непосредственно с целью получения более или менее высоких температур. Мы уже приводили цифры полезной отдачи наиболее совершенных силовых установок—паровых электрических станций; от 60 до 80% полезной энергии топлива теряется бесполезно в наиболее совершенных из них. Параллельно и часто в одних и тех же городах расположены устройства для отопления и технического нагревания, которые расходуют громадные количества угля, в то

время как теряемая в отходящих газах, отработавшем паре и конденсационной воде теплота могла бы быть почти полностью использована в этих установках. Здесь мы говорим не предположительно, а вполне определенно; технически вопросы такого комбинирования вполне разработаны. Главною причиною того, почему и в этой области продолжается хищничество, являются условия современного капиталистического хозяйства, при которых интерес частных лиц и групп не совпадает с интересом целого. Рационализация хозяйства вообще, и энергетического в частности, постоянно наталкивается на интересы собственников земли, угодий, строений, старых предприятий и т. п. Существующие капиталистические законы о принудительном отчуждении собственности для устройства общеполезных предприятий не разрешают вопроса. Такая рационализация требует коренной ломки экономических условий. Только тогда, когда интересы трудящихся масс, а не индивидуальные, антиобщественные интересы отдельных групп собственников, станут основой строительства хозяйственной жизни, можно надеяться на широкую рационализацию основных хозяйственных процессов, каковыми прежде всего являются энергетические процессы. Время уже недалеко.

А. Горев

17/II-25 г.

ГАНС ГЮНТЕР

ГРЕЗЫ ТЕХНИКИ

Грезы техники. 2



Грезы техники

I

На заре своей юности человечество совершенно беспомощно стояло перед окружавшими его стихийными силами природы. Оно походило на путника, изнывающего от жажды, не имеющего возможности пробраться к желанному источнику, оно напоминало изголодавшегося, ищущего пищи среди окружающих его груд золота. Но еще в давние времена понял человек, что в природных силах таятся огромные, неиспользованные возможности, которые могли бы помочь ему подняться на высшую ступень культурного существования.

Долго не знало человечество, как изыскать способы подчинения себе необузданных сил природы, не находило желанного пути, который вывел бы его из рабского подчинения этим силам к господству над ними. В древности строились плоты и лодки, которые двигались лишь благодаря быстрому течению рек.

Затем была использована уже и сила ветра, и на лодках натянуты паруса. Таким способом достаточно быстро и без особого труда можно было разъезжать по стране и доставлять домой добычу, не сгибая спину под тяжестью ноши. Значительно позже задумал человек использовать течение воды для новой цели: силой воды люди заставляли вращаться мельничные колеса, превращая в построенных ими водяных мельницах хлебное зерно в муку. Так постепенно зарождалась техника: не из желания властвовать, не из жажды к наживе, а из одного лишь стремления человека облегчить непомерно тяжелый свой труд и освободить свои силы для дальнейшего использования даров природы. В низменных местностях водяное колесо не находило себе применения. Слишком медленно было там течение рек и оно не в силах было вращать тяжелые мельничные колеса. Но зато ветры свободно гуляли на просторе. Человек затем и их не оставил без внимания: он придумал ветряное колесо, приводимое в движение силой ветра. Много тысячелетий прошло на этой стадии развития—больше не в силах был отвоевать у великана-природы карлик-человек. Так длилось до XIX столетия. Слабые человеческие руки продолжали стучаться в закрытую дверь. Но все было напрасно—только вода и ветер были единственными помощниками человека, к тому же так неохотно ему подчинявшиеся. Но вот, в одно время, внезапно наступил переворот: изобретена была паровая машина. Явилась возможность использовать уголь

в качестве нового источника движущей силы. Благодаря этому человечество сразу получило в свое распоряжение громадные запасы энергии. Усиленно принялись строить паровые машины, чтобы получить, наконец, возможность выйти из рабского подчинения природе и освободиться от ее стеснительных уз. Так, с помощью паровой машины человечество постепенно вырастало, обогащаясь силой и знаниями. Уголь являлся тем материалом, который в дальнейшем служил основанием для новых мощных созданий человеческого ума. Теперь нужно было только, чтоб техника могла свободно развиваться, а запасы угля в то время казались достаточными. Миллионы за миллионами тонн ежегодно добывались из глубоких шахт. В поисках угля беспрерывно открывались все новые и новые залежи.

Естественным следствием этого мнимого изобилия угля явилась чрезмерная и неэкономная трата его. Чем больше увеличивалось потребление угля, тем опустошительнее становились хищнические способы его добывания. Вскоре начали добывать уголь лишь в таких местах, где разработка его не представляла трудностей. Бесконечное множество шахт прокладывалось в земле, и целая армия шахтеров трудилась в недрах ее над добыванием этого ценного материала.

Но чем больше угля добывалось из-под земли, тем больше росло его потребление и тем зависимее становилось человечество от машины.

Цыфры, если к ним отнестись внимательно, освещают многое. Что же говорят они о мировом потреблении угля?

Если около 1875 года мировое потребление угля равнялось 260 миллионам тонн ежегодно, то потребность в нем через 20 лет поднялась уже до 526 миллионов тонн в год, а еще через 20 лет потребление достигло уже свыше 1000 миллионов тонн, т.-е. учетверилось, и, наконец, в 1920 году равнялось 1300 миллионам тонн.

Таким образом, увеличение потребности угля за последние 5 лет равно было приблизительно увеличению таковой за оба десятилетия: 1875—1895. И можно почти безошибочно принять, что в будущем потребляемое количество угля будет удваиваться в течение каждого двадцатилетия.

Как только приведенные цифры стали известны, к начавшемуся ликованию по поводу триумфа машины и к хвалебным гимнам победителю-человеку стали внезапно примешиваться тревожные голоса, предупреждавшие о том будущем, когда все запасы угля будут истощены. Весь мир насторожился! Сначала не верили этим голосам, даже высмеивали их. Наконец, пришли к заключению, что все это действительно случится, потому что подземные сокровища угля представляют собой капитал, не приносящий процентов. На какое же время хватит угля?

Наука сильно заинтересовалась этим вопросом и долгие годы посветила его изучению. Результаты

вычислений обнародованы были на конгрессе геологов в 1913 году. «Известные нам залежи каменного угля,—сообщали геологи,—хватят, при современном его потреблении, приблизительно на 6000 лет, если угольные шахты будут разработаны до глубины 1800 метров и при условии, конечно,—а это особенно необходимо подчеркнуть,—если **все количество** заключающегося в них угля могло бы быть полностью извлечено». Как же, в сущности, обстоит этот вопрос в действительности? Кто серьезно интересовался этим вопросом, тот приходил к совершенно иным выводам. Во-первых, значительная часть известных нам залежей угля настолько маломощна, что эксплоатация их современными способами не окупается. Во-вторых, значительная часть угля теряется в виде угольной пыли при добыче. И в-третьих, большое количество угля невольно должно оставаться в недрах земли в виде подпорок и укреплений между различными частями и этажами разработанных шахт. Все эти обстоятельства, как и тот факт, что из года в год потребление угля непрерывно растет, еще больше уменьшали все указанные сроки истощения его запасов.

И конгресс геологов, обсудив все эти обстоятельства, пришел к выводу, что все известные нам сейчас залежи угля хватят максимум на 1500 лет. Но не следует забывать, что цифра эта выведена, как средняя. Правда, в Соединенных Штатах запасов угля хватит на 2000 лет, зато Англия исчерпает свои запасы уже через 200 лет. Сроки истощения запасов угля в дру-

гих странах расположены между этими крайними цифрами. При этом надо заметить, что все расчеты стоят под угрозой ошибок вследствие невозможности учесть огромнейшее увеличение потребности в энергии в будущем. Но и без того сроки эти, от нескольких сотен до нескольких тысяч лет, чрезвычайно малы по сравнению с тем большим количеством веков, в течение которых существует человечество.

По имеющимся научным данным, существование человечества определяется в 150.000 годов. Что по сравнению с этой огромной цифрой дальнейшие 1500 лет? Почти то же, что продолжительность 1 минуты по сравнению с двумя часами, в жизни же народов—не больше мгновения! И как только этот срок пройдет, ныне известные нам залежи угля будут совершенно исчерпаны. Тогда нам грозит гибель в борьбе за существование с враждебными нам силами, ибо вся наша современная культура зиждется на угле.

II

Когда факт этот был установлен, сделано было два вывода: во-первых, что с имеющимися запасами угля необходимо как можно экономнее обращаться, а во-вторых, что необходимо во что бы то ни стало найти другие виды энергии, используя для этой цели какие-либо иные силы природы.

Естественно, что первую из этих задач взяли на себя химики. Они обратили внимание на то, что

в угле содержатся весьма ценные вещества, которые зря пропадают при обычно практикующемся простом сжигании этого «черного золота», в то время как вещества эти могли бы легко из него извлекаться при превращении угля в газ.

В коксовом и газовом производствах часть угля начали уже использовать в этом направлении. Главными продуктами при этом явились кокс и светильный газ, а побочными—удобрительные вещества, разные краски, медикаменты и проч. При этом, превращение угля в газ не исчерпывает еще всех возможностей. Лишь в самое последнее время некоторые из них стали известны. Посредством получения первичной смолы и превращения угля в жидкое состояние стало возможным из твердого черного камня извлекать весьма ценные горючие масла. Следовало бы, конечно, стремиться весь сжигаемый уголь использовать таким путем, следствием чего явились бы большие сбережения. Почему? А потому, что когда мы уголь сжигаем под котлом для получения пара, а затем этот последний заставляем, в свою очередь, производить работу в паровой машине, то этим используется лишь 15% находящейся в угле энергии, остальные 85% теряются при этом превращении. Когда же мы из угля химическим путем извлекаем горючие масла, чтоб ими затем питать дизеля, то коэффициент полезного действия угля подымается выше 30%. Таким образом, для совершения той же работы потребуется лишь половина прежнего количества угля.

III

Совершенно другим путем, на вид очень фантастическим, старались добиться той же цели в Англии. Там известный ученый Рамзай (Ramsay), открывший так называемые благородные газы, незадолго до начала европейской войны предложил интересный план, который можно уяснить себе из рис. 1. Рамзай исходил при этом из таких обстоятельств: во-первых, тяжелый труд шахтеров, работающих над добычей и распределением угля, весьма удорожает цену его, а следовательно и цену производных продуктов. Во-вторых, транспортирование угля требует, в свою очередь, больших расходов того же угля. И в-третьих, что существует много залежей такого угля, где, вследствие плохого качества его и небольшой мощности пластов, разработка их современными способами не оправдывается.

Подобные обстоятельства встречаются иногда и в некоторых местностях, где добывается каменная соль: соляные пласты слишком тонки, чтоб стоило добывать их шахтным путем. Тогда прибегают к способу накачивания воды вглубь через буровые скважины, проделанные в почву, растворяют таким образом находящуюся там соль, а затем выкачивают оттуда раствор, после чего испаряют его и получают кристаллическую соль.

И вот, на подобие этого, Рамзай (Ramzay) хотел использовать сначала те пласты угля, мощность которых (от 75 до 90 сантиметров) слишком мала, чтоб стоило разрабатывать их шахтным путем.

Но уголь растворять в воде, конечно, невозможно. Зато имеется возможность превратить его в газ в самых недрах земли, в естественном его местонахождении и доставлять оттуда лишь образующийся там газ. Посредством последнего можно было бы пустить в ход всевозможные газовые двигатели и генераторы и при помощи их получать электрическую энергию, которую затем можно было бы передавать уже и дальше на большие расстояния, по проводам.

Что же собственно требуется для выполнения такого плана? Прежде всего, чтоб достигнуть желанного угольного пласта, необходимо пробурить в почве достаточного размера отверстие; в него вставляется железная труба, которая служит с одной стороны для выкачивания воды, а с другой — для поднятия образовавшегося газа. Внутри этой большой трубы проходят еще две малые трубы, из которых одна подает вглубь воздух, необходимый для сжигания угля под землею, а другая — водяной пар. Воздух необходимо подавать вглубь в таком количестве, чтоб при сжигании угля получилась окись углерода (CO).

Затем, подводя туда в соответственном количестве водяной пар, получают смесь водяного газа с генераторным, называемую сокращенно — смешанным газом. Газ этот вполне пригоден для работы газовых двигателей.

В частности, в Америке, где редко встречается хороший газовый уголь, в то время когда вполне

пригодный для добывания водяного газа антрацит имеется в большом количестве, водяной и смешанный газ давно уже технически добывается. Производят его таким образом, что по горящему углю пропускают поочередно струю воздуха, накаляющую его до белого каления, и затем струю водяного пара; при этом образование водяного газа происходит по следующей формуле:

$$\underset{\text{уголь}}{C} + \underset{\text{водян. пар}}{H_2O} = \underset{\text{вод. газ}}{CO + H_2}$$

Так как горение этого газа происходит бесцветным пламенем, то оно в естественном виде может быть употребляемо только в качестве топливного газа. В светильный газ можно превратить его посредством так называемой «карбурации», т.-е. смешивая его с углеводородами из нефтяных остатков.

Под землею этот простой процесс, требующий очень мало рабочей силы, произойдет точно так же. Технические затруднения тоже не так велики, и их можно легко преодолеть. Зажигание угля под землею должно производиться электрическим способом. Образовавшийся газ, после соответствующего очищения, будет накопляться постепенно в газгольдерах. Отсюда он, по мере надобности, подводится к силовой станции, где часть его идет на отопление подающего водяной пар котла и для приведения в действие компрессоров, вырабатывающих и подающих сжатый воздух. Самая главная же часть газа приводит в движение

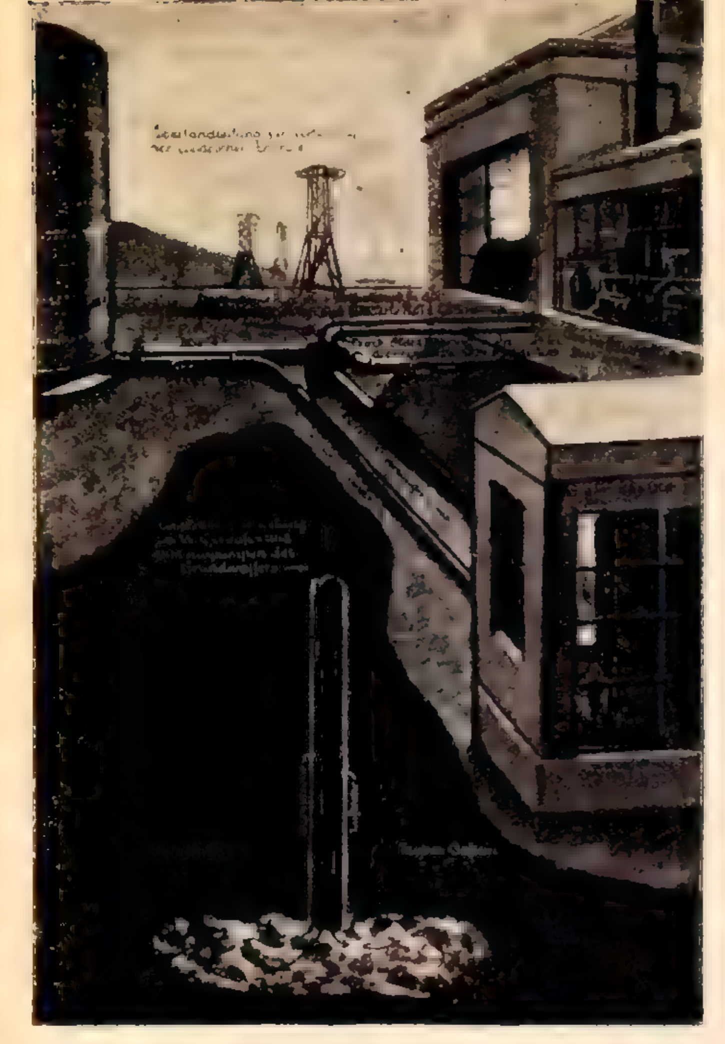


Рис. I. Газовая силовая установка по проекту Рамзая, служащая для превращения угля в недрах земли в газообразное состояние.

газовые двигатели, которые, в свою очередь, обслуживают большие генераторы переменного тока. Будучи затем трансформирован в ток высокого напряжения, этот переменный ток передается дальше по проводам на расстояние многих километров, чтоб посредством его приводить в движение разные трансмиссии и добывать тепло, которое раньше получалось с помощью угля.

Против этого плана можно возразить, что тут приходится опять иметь дело с обыкновенным сжиганием угля вместо основательного использования его. Но не следует забывать, что речь идет только о тех пластах угля, которые в настоящее время, вследствие их малой пригодности для добывания, вовсе не используются, а потому, конечно, недоступны и для химической обработки угля.

Другим возражением может явиться указание на то, что, вследствие образования при сгорании угля подземных пустот, почва легко может провалиться. Но это обстоятельство встречается и в настоящее время в горно-промышленных районах, но не причиняет никакого вреда вследствие того, что деформация почвы происходит не сразу, а постепенно. Единственной областью, где невозможно будет применять добываемый указанным способом горючий газ, является флот. Он попрежнему должен будет снабжаться шахтным углем.

План Рамзая был опубликован в последние довоенные годы. В то время сообщалось о том, что летом

1914 года будет сделана проба в одной английской шахте, чтоб убедиться в практической возможности осуществления этого дела. Но было ли это в действительности испробовано — осталось нам пока неизвестным. Помешала ли война осуществлению этой идеи? Доказали ли все предварительные приготовления невыполнимость ее? На эти вопросы трудно пока дать определенный ответ. Но план этот, сам по себе, действительно гениален и велик, можно сказать, слишком велик, чтоб быть практически выполнимым.

IV

Разумеется, можно мечтать и о более смелых достижениях, если основательно вникнуть в суть дела. Действительно, чего добивается Рамзай?! Он стремится к максимальному превращению теплоты, получаемой от сгорания угля в электричество! Но достигаемое им использование тепла не очень-то значительно. В газовых моторах фактически используется лишь 35% энергии угля. Генераторы переменного тока превращают около 90% из этих 35% в электрическую энергию. Коэффициент полезного действия, таким образом, не очень велик, хотя он значительно выгоднее, нежели кружный путь паровой машины. Но является вопросом, нужны ли нам вообще эти два промежуточных звена — газовый мотор и генератор? Нет ли пути для непосредственного превращения энергии угля в электричество?

В ответ на это появилась новая проблема, над разрешением которой давно и тщетно трудилась техника.

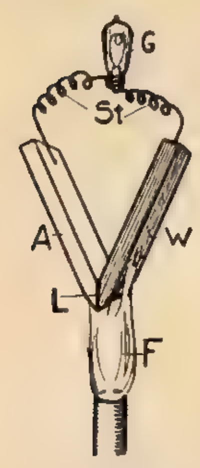


Рис. 2. Схематическое изображение термо-элемента. A = пластинка из антимона, W = пластинка из висмута, L = место спайки, F = газовая горелка, St = внешняя цепь, по которой проходит ток и куда включена потребляющая ток электролампа.

Разрешить ее старались двумя путями. На первый из них указал немецкий физик Зеебек, еще 100 лет тому назад. Он первый открыл, что в замкнутой цепи, состоящей из двух различных металлов, возникает электрический ток, если подогреть место спайки этих металлов. На основании этих наблюдений строились им так называемые термоэлементы, которые состояли из двух металлических пластинок, спаянных между собою одними концами (рис. 2). При нагревании места спайки, этот элемент давал ток, который появлялся между обоими свободными концами металлических пластинок и при желании мог быть использован. Получаемое при этом напряжение зависит от рода употребляемых для этой цели металлов. Соединение из висмута и сурьмы дает исключительно хороший эффект. Конечно, можно соединять между собою целый ряд таких элементов. Таким образом, получаются целые

термобатареи, которые могут находить техническое применение там, где отсутствуют другие источники электрической энергии. Высокая чувствительность этих элементов делает их незаменимыми в качестве измерителей разности температур в самых широких границах. Но эффект, получаемый от них, весьма невелик. Он колеблется между такими величинами, как 10-12 ватт, в то время когда одна лишь 50-свечевая электрическая лампочка (металлическая) потребляет около 35 ватт. Конечно, эти термобатареи очень малы. Увеличение их размеров в очень большом масштабе не представляет собой особенных трудностей. Но возможно ли будет тогда непосредственно отапливать их углем, чтобы, таким образом, всю теплоту от сгорания угля непосредственно превращать в электричество? Вот тут-то и возникает вопрос, разрешение которого на первый взгляд кажется нетрудным. Но дело значительно меняется, когда приступают к расчету. Маленькие термобатареи-термоколонки имеют коэффициент полезного действия около 1%. Это значит: только 1/100 всей доставляемой этим термоколонкам тепловой энергии фактически используется, остальные 99/100 пропадают. По сравнению с этим является уже более благоприятным путь добычи электрической энергии через сжигание угля под паровыми котлами, дающий коэффициент полезного действия в 10%. Улучшения этого крайне неблагоприятного коэффициента отдачи термобатарей можно ожидать лишь тогда, когда научно-техническим исследованием

удастся выяснить внутренние процессы, происходящие при возбуждении тока посредством теплоты. Пока нам известны только изложенные выше факты. Как только внутренние взаимоотношения станут известны, мы, по всей вероятности, будем в состоянии значительно повысить коэффициент полезного действия этого способа получения энергии (извлечения электричества при помощи непосредственного нагревания).

В этом последнем случае снабжение термическим электричеством больших районов окажется в сфере технических возможностей.

V

Вторым менее известным путем для непосредственного превращения угля в электрическую энергию являются так называемые элементы, состоящие из горючих веществ. Это, так сказать, химические машины, в которых электричество возбуждается вследствие потребления угля во время происходящего в них химического процесса. Основная разница между ними и между общеупотребительными в электротехнике гальваническими элементами (наиболее известным видом которых является питающий наши звонковые установки аммиачный элемент) состоит в том, что здесь имеет место потребление самого угля. В аммиачном элементе уголь образует один электрод, в то время как другой состоит из цинка. Но во время образования тока здесь расходуется один

только ценный металл, в то время как уголь остается без изменения. Такие же обстоятельства имеют место и в других гальванических элементах, снабженных угольными электродами. Они сами по себе являются превосходными «машинами», превращающими заключающуюся в них химическую энергию, почти без потерь, в электрическую. Но потребляемые ими основные вещества—металлы и окиси металлов—слишком дороги. Следовательно, получаемый от них электрический ток слишком дорог для массового потребления. Этому обстоятельству должны помочь элементы, составленные из горючих веществ. Здесь уголь или какое-нибудь другое дешевое горючее вещество, соединяясь с кислородом, производит электрическую энергию, освобождающуюся при этом соединении. Расчеты показывают, что коэффициент полезного действия такого электрохимического сгорания угля почти приближается к 100%. Для осуществления этой идеи стоило бы напречь максимум усилий и энергии.

Такой крупный ученый, как знаменитый французский химик Беккерель (Becquerel), открывший впоследствии радиоактивность, взялся впервые еще, 70 лет тому назад, за эту задачу. Ввиду того, что уголь при невысоких температурах не соединяется с кислородом, основным условием является достижение высокой температуры. Беккерель добился этого путем нагревания азотной кислоты в железном тигле. В эту горячую жидкость он погружал угольную па-

лочку. При соединении угля с тиглем посредством проволоки получался электрический ток, который и проходил по этому проводу в направлении от угля к железу; уголь же при этом быстро растворялся. Итак, опыт удался. Но технически использовать его нельзя было из-за того, что необходимый для сгорания угля кислород получался от дорого стоющей азотной кислоты, которая при этом процессе быстро улетучивалась. А потому, элемент этот оказался дорогим для практического использования. Этот недостаток Джекс (Jacques) в 1896 году решил устранить тем, что он для сгорания угля в элементе использовал непосредственно кислород воздуха,—единственно правильный путь, так как кислород в этом случае ничего не стоил. Его элемент состоял из тигля, вышиной в $^1/_2$ метра, наполненного едким натрием, в который он погружал угольную палку, приблизительно в $^1/_2$ метра длины, толщиною в руку. После превращения едкого натрия в жидкое состояние в тигль вдувался воздух, с кислородом которого и соединялся уголь.

Такой элемент давал ток силой в 150 ампер, при напряжении в 1 вольт. Джекс настолько был убежден в успехе своей работы, что он публично стал выступать за устройство больших силовых установок такого рода и, между прочим, выставил даже в одном магазине (Гарпера) картину, изображавшую проект будущего большого океанского парохода, приводимого в движение посредством таких элементов.

К сожалению, все эти надежды оказались обманчивыми, так как элемент этот в действительности имел очень небольшую мощность. Последняя, как доказал в дальнейшем Габер, получалась совсем не потому, что уголь соединялся с кислородом воздуха, а возникала вследствие другого, совсем второстепенного, химического процесса. Процесс этот заключался в том, что из раствора едкого натрия, содержавшего воду, освобождался водород, который с кислородом воздуха опять образовывал воду. Это обстоятельство и навело на мысль создать подобный элемент, который действовал бы непосредственно водородом, исключив, таким образом, уголь и едкий натрий. Так возникла затем газовая батарея Монда и Лангера (Mond & Langer). Успех был недурной, но для практического применения аппарат этот был слишком дорог. Вполне ясно было—по такому пути невозможно будет достигнуть цели.

Впоследствии вопрос этот снова и снова выплывал наружу и всесторонне разрабатывался. Из всех этих опытов заслуживают быть упомянутыми работы известного цюрихского электро-химика Э. Баура (E. Baur), которые подвинули это дело значительно вперед. Баур со своими учениками строил различные элементы из горючих веществ, для которых он, кроме угля, употреблял также дерево, бумагу, сахар и проч. и довольно успешно при том получал электрическую энергию вышеизложенным путем. Элементом, сулящим наибольшие надежды, явился тип

такого элемента, где использовалось давно известное свойство серебра воспринимать в себя в расплавленном состоянии значительное количество кислорода и легко выделять его затем другим элементам. Это свойство дало возможность доставлять углю постоянное и достаточное количество кислорода и получать в течение продолжительного времени довольно сильные токи, не «утомляя» при этом действующий элемент. Единственный недостаток, наблюдаемый здесь и свойственный также другим аналогичным элементам, заключается в том, что вследствие постоянного потребления кислорода из одного и того же места элемента (где соприкасается расплавленное серебро с углем), количество кислорода в этом месте истощается довольно быстро. Вследствие этого элемент быстро теряет силу, и прекращается дальнейшая отдача электрической энергии. Это обстоятельство препятствует практическому применению угольно-серебряных элементов. На рис. 3 видно устройство такого рода элемента. Во время действия элемент помещается в соответствующей печи.

Колоколообразное (для увеличения поверхности) угольное тело висит в плавильном тигле P, на дне которого находится слой расплавленного серебра S. Чрез трубу R вдувается воздух в серебро. Провода N служат для отведения полученного тока. Пространство между углем и серебром заполняется расплавленным электролитическим веществом. Оно должно представлять собою богатую кислородом соль,

точка плавления которой должна быть около 1000°. Само собой понятно, что соль эта не должна разлагаться от такой температуры и не должна соединяться ни с углем, ни с серебром и ни с кислородом; кроме того, она должна быть возможно дешева. К счастью, имеется целый ряд веществ, соответствующих этим требованиям, например, обыкновенные флюсы (плавики). Такой элемент, по имеющимся сведениям, дает в течение 5 часов ток силой в 5 ампер, при напряжении в 1 вольт, что безусловно уже является большим успехом. Техническое же использование его, однако, опять затрудняется вследствие высокой цены необходимого для этой цели серебра. Последнее, правда, не израсходуется при этом процессе, но тем не менее оно должно лежать, как мертвый капитал.

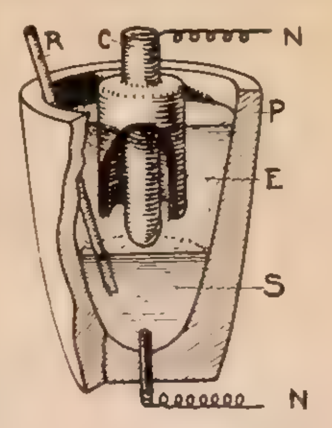


Рис. 3. Схема элемента из горючих веществ, с серебром и углем в качестве электродов.

Это обстоятельство дало впоследствии повод Рамзаю заменить серебро электродом из окиси железа. Когда же на практике здесь оказались некоторые препятствия, состоявшие в неудобстве доставления кислорода к электродам и затруднениях при удалении

образовавшегося (от сгорания угля) пепла, исследователь оставил совершенно свою первоначальную идею. Он, совместно с Трэдуэллом (Treadwell), построил горящий газовый элемент, особенность которого состояла в том, что какой-нибудь пористый камень, напр., магнезия, всасывал в себя, подобно фитилю, электролитическую жидкость. Электроды же расположены были по обеим сторонам этого камня в соответствующих каналах, через которые вдувался воздух или светильный газ (окись углерода). Такие газовые элементы, по всей вероятности, могли бы в действительности иметь практическое применение, так как они легко могут быть приведены в действие, притом они довольно прочны. К сожалению, опыт производства таковых в большом масштабе еще не проделан.

Вид установки, состоящей из такой системы батарей, описан был самим Бауром: большие чаны, вышиной в дом, из огнестойкого материала, наполнены какой-нибудь докрасна раскаленной, плавящейся солью (примерно, содой); в эту расплавленную соль погружены сотни весьма тонких электродных пластинок, имеющих очень большую поверхность. Целая система огнестойких трубок подводит газ чрез расплавленный электролит к этим пластинкам. Безусловно, что наша теплотехника в состоянии была бы соорудить такого рода установку. Но долго ли смогут выдержать температуру светло-красного каления эти тысячи проволок и распределительных каналов, находящихся в этих огромных, высотою в дом, чанах, и выдержит ли их ломкая листовая структура такого рода температуру — это технически еще не испробовано.

Безусловно, стоило бы это испробовать. Ибо даже в том случае, когда из теоретических 100% коэффициента полезного действия установки, состоящей из таких элементов, значительный процент необходимо будет скинуть на отопление и другие потери,— все же около 60% потраченной энергии можно будет, по всей вероятности, получить на распределительной доске. Если противопоставить этому современный коэффициент использования угля для получения силовой энергии, то становится очевидным, что такой элемент из горячих веществ дает экономию на добрых 75%.

Преимущества этого нового пути еще более уясняются при исследовании отдельных частных случаев его применения. Баур подсчитал результаты при применении его в доменных печах. Обыденная коксовая доменная печь потребляет, на каждую тонну выплавляемого ею металла, 1 тонну кокса, в то время как электрическая доменная печь требует лишь $^1/_3$ тонны кокса в шахту и еще около 3000 киловатт-часов электрической энергии для выплавки каждой тонны. Для получения этого количества электричества можно было употреблять элементы из горючих веществ, которые могли бы питаться отходящими газами доменной печи, которые содержат в себе преимущественно окись углерода. В этом слу-

чае для редукции руды и для производства вышеупомянутых 3000 киловатт-часов электрической энергии потребуется круглым счетом около 1/2 тонны кокса, т.-е. при употреблении в доменных печах газовых батарей возможно было бы съэкономить 1/2 тонны кокса на каждой тонне выплавляемого железа.

VI

Все вышеупомянутые идеи имеют своей целью уменьшение количества потребляемого в настоящее время угля и сбережение запасов такового, находящихся еще в залежах. Но даже при самой большой экономии в один прекрасный день может наступить такой момент, когда из беспрестанно потребляемого капитала ничего не останется. Поэтому на арену выступает другая большая проблема: найти заменяющий уголь материал. При обсуждении этого вопроса, мысли невольно останавливаются на использовании водных сил; из них-то и предполагают извлечь достаточное количество энергии, чтоб покрыть недостачу в угле. Необходимо заметить, что все, что до сих пор использовано было в области водных сил, являлось только подсобным средством при наличии угля, но ни в коем случае не смогло заменить последний. Но если даже упустить из виду это весьма важное обстоятельство, то при более точном расчете определенно выясняется, что даже суммарная энергия всех без исключения водных сил мира, вместе

взятых, далеко еще недостаточна была бы для полной замены угля. Подсчет водных сил, примерно, для Соединенных Штатов сделан был Штейнмецом (Steinmetz). Он исходил из того обстоятельства, что годовая добыча угля в этой стране в 1920 году равнялась круглым счетом 600 миллионам тонн. Если принять энергию этого угля, в среднем, около 7000 калорий, то энергии одной тонны угля соответствует электрическая мощность в 1 киловатт-год. Цифровые данные о потреблении угля показывают, что половина потребляемого угля идет на силовые надобности, другая же половина — на отопление. Если принять в первом случае коэффициент полезного действия равным 15% и во втором — коэффициент полезного действия равным 35%, то средний коэффициент полезного действия равен 25%. Следовательно, 600 миллионов тонн добываемого ежегодно угля дадут мощность в 150 миллионов киловатт-годов.

Общая сумма всех имеющихся в Соединенных Штатах водных сил в точности не известна. Но по величине земной поверхности, по количеству дождевых осадков и по высотам над уровнем моря можно оценить таковую в 950 миллионов киловатт-годов. Если после того учесть все количество воды, потребляемое сельским хозяйством, потери на испарение и на просасывание воды в почву, то останутся только лишь 380 миллионов киловатт-годов.

При превращении в электрическую энергию и при распределении таковой по проводам до мест потреб-

ления получаются еще дальнейшие потери, определяемые Штейнмец'ом, приблизительно, в 40%. Таким образом, останутся лишь 230 миллионов киловатт-годов, т.-е. на 80 миллионов больше, чем вся мощность добываемого за год угля.

Результаты этого подсчета кажутся как будто весьма благоприятными и, следовательно, противоречат ранее высказанным взглядам. Но при сравнении обеих цифр не следует, однако, забывать, что при вычислении общей суммы водных сил принимались во внимание не только водные силы больших рек, но все количество атмосферных осадков. Это, так сказать, потенциальное, суммарное количество энергии могло бы быть реализовано лишь тогда, еслиб каждая река, каждое озеро и даже мельчайший ручеек — все было бы полностью использовано от истоков до устья и притом во все времена года. Таким образом, не должно было бы при таких обстоятельствах больше существовать свободно текущей воды, а на всем пути ее следовало бы устраивать целый ряд плотин, откуда вода проходила бы в турбины, а оттуда чрез спускные каналы последних опять скоплялась перед другой плотиной и т. д. Необходимо еще принять во внимание, что в настоящее время в Соединенных Штатах 25% всех водных сил страны уже используется; так что энергию эту следует прибавить к энергии получаемой от всего добытого количества угля. Наконец, приведенные выше цифры дают нам приблизительное представление о совре-

менном состоянии страны, в то время как следовало бы подумывать и о будущем. Итак, если мы, осторожно считая, остановимся на предположении, что потребность страны в энергии почти удваивается в течение каждых 20 лет, то получим, что в 1960 году Соединенным Штатам потребуется уже около 450 миллионов киловатт-годов, в то время когда из всех водных сил страны возможно будет, в лучшем случае, извлечь лишь половину этого количества. А Штейнмец исчисляет потребность страны в энергии к 1958 году в еще большем количестве, чуть ли даже не в 10.000 миллионов тонн угля, т.-е. в 2500 миллионов киловатт-годов; в последнем случае, при полнейшем использовании всех водных сил, таковые сумеют удовлетворить лишь $^1/_{10}$ часть всей потребности в энергии Соединенных Штатов.

Рассматривая положение в других странах, мы приходим к еще более печальным выводам, так как Соединенные Штаты, как никак, все же богаты водными силами. Водные силы отдельных стран приблизительно оценены были Kochn'ом и Капланом, и ими же составлена была таблица, указывающая количество приходящихся на 1 жителя водных лошадиных сил в каждой из этих стран. Получились следующие цифры:

Канада	4	PS на каждого жителя
Соединенные Штаты	1	„ „ „ „
Исландия	22	„ „ „ „
Норвегия	5,2	„ „ „ „

Швеция	1,2	PS	на каждого	жителя
Финляндия . . .	0,8	„	„	„
Балканские страны .	0,6	„	„	„
Швейцария	0,4	„	„	„
Испания . . .	5,2	„	„	„
Италия	0,15	„	„	„
Франция . . .	0,15	„	„	„
Германия	0,02	„	„	„
Англия	0,02	„	„	„
Россия	0,02	„	„	„
Австро-Венгрия (в прежн. виде) .	0,12	„	„	„

Некоторые вычисляют современную потребность в энергии в 0,5 PS на каждого жителя страны. Будущую же потребность в энергии Лемель (Laemmel) исчисляет в 2 киловатта или 2,7 лош. силы на 1 жителя, но это лишь в том случае, когда не только везде будут отапливать и варить электричеством, но когда вся промышленность, включая и сельское хозяйство, будет производить свою работу исключительно посредством электрической энергии.

При сравнении этой последней цифры с цифрами, указанными в вышеприведенной таблице, становится очевидным, что как раз важнейшие промышленные страны, за исключением Соединенных Штатов, в смысле наличия водных сил теперь уже отстают от исчисленной цифры, в то время как лишь Канада, Исландия и Норвегия в состоянии были бы и в будущем удовлетворять свои потребности в энергии использованием имеющейся у них в достатке энергии

воды. Итак, на водные силы, следовательно, много надеяться нельзя! Они и в дальнейшем останутся весьма ценным источником энергии, но совершенно заменить уголь они не будут в состоянии.

VII

Невольно пришлось дальше оглядываться кругом в поисках других источников энергии. Естественно, что раньше всего обратили внимание на родственные углю источники энергии: на бурый уголь, торф, нефть и естественный газ. Но, к сожалению, никакое из этих горючих веществ не в состоянии дать нам искомую замену угля. Все они количественно так малы по сравнению с углем, что в общей мировой сумме всех горючих материалов они играют очень скромную роль. Нефтеносные месторождения Северной Америки, примерно, будут уже лет через 20 совершенно исчерпаны, в то время как все торфяные запасы этой страны, вследствие малого их теплового коэффициента, не составляют даже 1/2% от всей мировой добычи угля.

VIII

Но не только уголь имеет родственные вещества, но и вода имеет «брата», давно служившего нам с незапамятных времен до того еще, как человек открыл уголь.

Когда солнце посылает свои лучи по необъятным морям и превращает воду их в пар, оно согревает одновременно и воздух, находящийся над морями. Вследствие этого воздух этот подымается кверху и на большой высоте проносится над материком; там он охлаждается и спускается книзу, чтобы затем опять над самой землей проноситься по направлению к морю. Таким путем образуются воздушные течения, именуемые ветрами. Они захватывают испаренную морскую воду в форме пара, унося ее с собой до тех пор, пока она, охладившись над материком, не превратится в дождь, снег или град и в этой форме попадет опять на землю. Итак, мы видим, что первопричиною как воздушных, так и водных сил является пока неистощимая солнечная энергия. Силовые явления в этом неизменно возобновляющемся круговом процессе сырого воздуха вполне напоминают собою грандиозных размеров подъемную машину, работающую над всем земным пространством и состоящую из: огромного котла — моря, которое, будучи согрето солнцем, все время дает водяной пар, и из такого же грандиозного конденсатора — материка, с находящимся над ним воздушным пространством, конденсирующим этот пар. Этим путем питаются все водные источники всего земного шара.

Круговой процесс этот имеет, кроме того, еще столько излишней энергии, что он же и является виновником оживленных воздушных течений в атмо-

сфере. Энергия этих течений может быть успешно использована ветро-силовыми машинами.

Первым вопросом является, конечно, какие количества энергии имеются здесь в нашем распоряжении? В недавно опубликованном расчете Либе (Liebe) говорится, что для ветров средней силы мощность таковых, на высоте 10—20 метров над земной поверхностью, может быть принята не менее, чем в 50—100 ватт на каждый квадратный метр поперечного сечения воздуха. Исходя из этих соображений, из продольной полосы воздуха в 1000 километров длины и 10—20 метров высоты, которая пересекла бы всю Германию, мы получили бы среднюю мощность в 1.000.000 киловатт; из них следует, конечно, вычесть обязательные потери при превращении этой энергии в эффективную мощность. Можно было бы провести несколько тысяч таких продольных полос чрез всю Германию и использовать, таким образом, всю мощность ветров в стране. Величина этой мощности достигла бы цифры в несколько миллиардов киловатт, что во много раз превышает мощность всех водных сил Германии. Но тут приходится считаться еще с одним привходящим обстоятельством: указанная выше мощность является лишь средней между очень сильно отличающимися между собой по величине отдельными мощностями, присущим различным по своей силе ветрам. При ураганах средняя величина мощности увеличивается более, чем в 1000 раз. Но часто наступают и такие времена, когда вследствие полного затишья

или весьма слабого ветра мощность его сводится почти к нулю.

Это непостоянство ветряной энергии влияет и на весьма незначительное промышленное использование ее. Правда, в Аргентине еще до войны ежегодно находились в действии около 12.000 ветряных турбин. Германия также имела еще до 1900 года около 15.000 ветряных мельниц. Но здесь речь идет, главным образом, только о небольших установках для помола ржи и для насосов (для орошения и осушения) и только в редких случаях для получения электрической энергии в отдельных хозяйствах. Одна лишь единственная страна — Дания, где отсутствуют как уголь, так и значительные водные силы, но которая обладает сильными ветрами, обратила большое внимание на промышленное использование энергии таковых. Для этого она снабдила своего лучшего физика Лакура (La Cour) большими средствами для тщательного изучения этого вопроса в специально оборудованной для этой цели опытной лаборатории. На основании полученных им научных данных, Лакур построил очень мощный ветряной мотор, благодаря которому старая ветряная мельница стала в ряду современных силовых машин. Такими ветряными моторами оборудовано было до сих пор около 70 ветряных установок по 150 лош. сил каждая, которые густой сетью покрывают страну. Разумеется, что им все время приходится бороться с неравномерностью силы ветров. Вытекающие отсюда недостатки устраняются таким образом, что приводимые в действие от ветряных двигателей динамо не работают непосредственно на сеть, а вырабатываемый ими ток накопляется в аккумуляторных батареях, откуда он подается уже регулярно в сеть. Так как силу ветра можно использовать также и во время перерывов в подаче тока, а также и ночью, то обслуживание током сети, таким образом, достаточно обеспечено, поскольку, конечно, не наступает иногда долгого затишья в воздухе.

В Германии тоже обратили особое внимание на использование энергии ветра. Здесь, в лице стальной, ветряной турбины, создана была современная машина, которая многими предпочитается крестообразной ветряной мельнице Лакура. К созданию же больших ветро-силовых установок до настоящего времени еще не приступлено, несмотря на то, что германский союз инженеров, — передавший изучение вопроса об использовании силы ветра особой комиссии для детального изучения, — пришел к заключению, что широкое использование ветряной энергии в высшей степени выгодно. Дорого стоющие аккумуляторы применять не стоит, а взамен их та же цель может быть достигнута тем, что ветряные турбины накачивают воду в высоко лежащие водохранилища, чтобы затем отсюда питать ею турбо-динамо. Этим путем выгодно было бы снабжать электро-энергией кустарные производства и сельское хозяйство в местностях, которые не могут пользоваться энергией из больших центральных силовых установок. В сель-

ском хозяйстве отходящую при этом воду можно было бы еще использовать и для искусственного орошения овощных и фруктовых садов.

Возможность постройки мощных ветро-силовых установок наглядно доказывается большой стальной ветряной турбиной, которая была в действии еще в последнем году войны в Рид'е (Ried), при Гарлинген'е (Harlingen) (Голландия). Ветряное колесо, диаметром в 15 метров, вращается на стальной башне, имеющей 16 метров высоты, и предназначено для работ по осушению болотной местности, находящейся на 1,3 метра ниже уровня моря. Установка эта дает, — при обычной скорости ветра в 8 метров в секунду, — 63.000 литра воды в минуту, т.-е. она в состоянии за такое же время наполнить куб, боковая сторона которого имеет 4 метра.

Мы видим, таким образом, что уже и сейчас имеются хорошие предпосылки для рационального использования силы ветра. Несмотря на то, в смысле использования его мощности и в количественном отношении мы весьма мало подвинулись вперед по сравнению даже с отдаленными древними веками. Все еще и теперь миллиарды лошадиных сил проносятся неиспользованными чрез страну. И никто не может сказать нам сейчас, сумеем ли мы хоть в будущем всецело использовать их. Ибо как раз в деле использования исполинской силы ураганов наши технические средства на практике отказываются нам служить: подобно игрушке, все сооружения подхватываются ими на воздух, и, беспощадно ломая все в щепки, воздушная стихия вмиг нередко уничтожает результаты долголетних трудов.

IX

Невольно, глядя на текущую воду и дующий ветер, этих детей солнца, мы обращаем свое внимание на само солнце, являющееся одновременно и матерью угля. Последний, как известно, представляет собой не что иное, как скопление в недрах земли солнечной энергии в допотопных, обуглившихся там деревьях. Мы привыкли к тому, что солнце все время согревает нас своим неистощимым запасом тепла. Нельзя ли как-нибудь использовать эту энергию?

Пробуя, хотя бы и приблизительно, вычислить количество энергии, содержащейся в солнечных лучах, мы наталкиваемся на головокружительные числа и величины. Земля получает только $\frac{1}{225.000.000}$ всего количества излучаемого солнцем тепла; главная же часть его теряется в мировом пространстве. Но и эта небольшая доля, будучи полностью использована, давала бы, по мнению Ланглея (Langley), постоянно около 350 биллионов лошадиных сил. Это — такая цифра, понятие о которой трудно себе представить. Приведем поэтому более понятные цифры. Так, напр., высчитано, что под 20° северной широты каждому

квадратному метру земной поверхности (перпендикулярному к солнцу) доставляется лучеиспусканием солнца 1,4 миллиона единиц тепла (калорий) ежегодно, т.-е. каждые 4 кв. метра получают эквивалент, равный 1 лошадиной силе. Так что от каждого квадр. километра земной поверхности можно было бы там позаимствовать (теоретически, конечно, при 100% коэффициенте полезного действия) 250.000 лошадиных сил в год; снижая даже коэффициент полезного действия до 10%, мы все же получили бы 25.000 лош. сил.

Нам известно, что современная паровая машина потребляет для каждой лошадиной силы, производимой ею в течение 1 года, около 4 тонн угля. Так что добытые во всем мире в течение 1920 года 1300 миллионов тонн угля, будучи превращены в механическую энергию, дали бы сумму в 325.000.000 годовых лошадиных сил. Так как 1 кв. километр земной поверхности, при 10% использовании получаемого им от солнца количества солнечной энергии, дает ежегодно 25.000 лошад. сил, то для получения 325.000.000 годовых лошад. сил потребуется поверхность земли, равная 13.000 квадр. километров, т.-е. величина, равная 1/3 поверхности всей Швейцарии. Следовательно, количества излучаемой солнечной энергии над такой небольшой, сравнительно, частью земной поверхности достаточно было бы для полного покрытия всей современной мировой потребности в энергии. Но если бы, паче чаяния, нам удалось

все количество ежегодно излучаемого солнцем тепла (примерно, над поверхностью Сахары, с ее 6 миллионами квадратных километров) превратить в какую-нибудь полезную для нас форму энергии (лучше всего в электрическую), то человечество одним взмахом избавилось бы от всяких забот о будущем. Солнце приводило бы в движение тысячи колес, в настоящее время вращаемые при содействии воды или угля. Оно явилось бы добровольным и верным прислужником человечества, не стремящимся к какому-либо материальному вознаграждению за свой постоянный труд.

Мысль о применении солнечной теплоты для производства полезной работы в различных формах возникала еще в древности. Еще 100 лет до Р. Х., Герон (Heron) в своем произведении «Пневматика» описывает приводимую в движение посредством солнечного тепла водоподъемную машину. Но лишь с изобретением паровой машины проложен был мост между страной грез и действительностью. Лишь она создала возможность практически разработать эту проблему. Разрешение ее после этого многим представлялось весьма несложным. Казалось, требовалось бы только построить котел, который, будучи нагреваем солнечными лучами, вырабатывал бы пар, и этим паром приводить в движение паровую машину. А сделать это вполне возможно. Удалось ведь вогнутым зеркалом, диаметром немного больше метра, достигнуть такой высокой температуры, что медь и железо в фокусе этого зеркала плавились в течение не более

40 секунд. А Бюффон'у (Buffon) удалось даже посредством рефлектора, диаметром в 2,6 метра, в одно мгновение воспламенить просмоленное еловое дерево, находившееся от него на расстоянии 49 метров.

Бесчисленные человеческие умы, любители и инженеры, занимались в течение последних 50 лет этой мыслью. Упорнее всех над этим работал Джон Эриксон (John Ericson), изобретатель пароходного винта и бронированных судов; хотя он был уроженец Швеции, но второй родиной его стала Америка. Начав свои работы в 1868 году, он безустанно, в продолжении 15 лет, продолжал трудиться над этой проблемой. Для собирания солнечных лучей он сконструировал вогнутое зеркало, составленное из посеребренных стеклянных пластинок. Оно было легко подвижно во все стороны и монтировано на больших железных подпорках таким образом, чтобы оно всегда могло следовать за движением солнца. В фокусной оси этого зеркала помещался небольшой цилиндрической формы паровой котел, защищенный от тепловых потерь стеклянной, плотно покрывавшей его со всех сторон оболочкой. Солнечная теплота, усиленная зеркалом, быстро доводила до точки кипения воду котла. Образованный таким образом пар приводил в движение маленькую паровую машину. Всего Эриксон до 1883 года построил 9 или 10, различавшихся лишь в деталях, установок этого рода, назвав их «солнечными двигателями». Но стоимость конструкции этих двигателей была так высока, что

машины, работавшие на угле, несмотря на дороговизну горючего материала, обходились значительно дешевле их. Так изобретатель, разочаровавшись в предполагаемом успехе этой машины, принужден был отказаться от дальнейших разработок подобных планов.

Перечисление поодиночке его последователей потребовало бы больше места, чем всего имеется здесь в нашем распоряжении. В своей недавно изданной книге о непосредственном использовании солнечной энергии Кауш (Kausch) перечисляет около 100 имен таких изобретателей и почти такое же количество разных патентов. Большинство из них, конечно, осталось только на бумаге. Только очень немногие из них испробованы были на практике. Пробы делались, главным образом, в жарких местностях, с непрерываемыми солнечными излучениями и малыми атмосферными осадками. Там высокая цена угля создавала благоприятные условия для возможного соревнования разных проектов такого рода. Одной из типичных, но более старых форм, проектированных Эриксоном солнце-силовых машин, является построенная в 1902 году на страусовой ферме около Лос Анжелос (Los Angelos) (в Южной Калифорнии) силовая установка, находящаяся там и поныне в действии. Для собирания солнечных лучей служит здесь громадный зеркальный щит конической формы (рис. 4), этот щит имеет около 10 метров в диаметре и около 5 метров ширины и состоит из 1788 маленьких пло-

ских зеркал. Щит покоится на легкой железной конструкции, вид которой уясняется из рисунка 5.

Вместе со своим трубообразным паровым котлом, находящимся в фокусной оси зеркала, все это сооружение посредством особого рода часового механизма все время поворачивается по движению солнца. Паровой котел вмещает в себе, при 4 метрах длины, 670 литров воды; снаружи он покрыт черной материей, поглощающей теплоту. Нагревание его лучами солнца так велико, что уже через час после восхода солнца котел дает пар в 12 атмосфер рабочего давления, приводящий в движение 15-ти сильную паровую машину. Посредством этой паровой машины приводится в движение насос, подающий 6 куб. метров воды в минуту, и к тому еще одну динамомашину, ток которой питает аккумуляторную батарею и целый ряд разных вентиляторов. Отходящий от машины пар конденсируется в воду, которая попадает снова в котел. Будучи раз правильно наставлено при восходе солнца, отражающее зеркало работает затем дальше автоматически до самого вечера.

Подобнаго рода солнечные двигатели в ходу в Калифорнии и в Перу. Во время одной выставки, лет 20 тому назад, можно было и в Париже видеть подобного рода установку. Главнейшим недостатком этой системы является чрезмерная величина зеркала, которое не только дорого по своему устройству, но и требует больших расходов во время работы. Содержание все время в блестящем состоянии такой



Рис. 4. Общий вид установки „Солнечного мотора“ в Лос-Анжелос. По оси расположен срубчатый котел.

большой и трудно доступной зеркальной поверхности стоит много времени и труда. Это обстоятельство заставило немца-американца Шумана (Shuman), в лице которого мы имеем наиболее успешного в этой области работника, совершенно освободиться от больших полых зеркал, успешно заменив таковые целым рядом малых одиночных зеркал.

В первой установке этого рода, сооруженной лет 12 тому назад, Шуман заставил солнечные лучи действовать непосредственно на очерненные паровые трубки особого трубного котла, отличавшегося от всех обыкновенных кострукций своей плоской, колосниковоподобной формой. Чтоб избегнуть потерь тепла чрез лучеиспускание, паровой котел этот был помещен в своего рода оранжерею с двойными стеклянными стенками, разделенными между собой тонким слоем воздуха. Для наполнения его служила не вода, а более легко испаряющийся эфир.

Полученный таким способом пар давал в эфирносиловой машине 3, 5 PS. Но ясно было, что для достижения более значительных мощностей нельзя избежать необходимых для этой цели концентрирующих теплоту зеркал. Поэтому в 1911 г. Шуман должен был опять воспользоваться такими зеркалами при постройке новой установки в Такони, близ Филадельфии. Однако, он для этого пользовался не одним цельным и большим дорого стоющим полым зеркалом, а применил целый ряд малых, плоских зеркал из дешевого сорта стекла. Вставляя их в ряд скрепленных между собой железных рам, он таким образом составлял большие зеркала. Само собой понятно, что при том должны были измениться и конструктивные особенности котла. Шуман заменил его большим количеством железных ящиков (испарителей), работавших на одну общую паропроводную трубу, в которую направлялся весь пар от всех испарителей, так что мощность их благодаря этому здесь суммировалась. Таким образом, им создана была установка вполне доступная для обслуживания, легко поддающаяся очистке, удобная для монтажа и к тому же достаточно дешевая. Она не требовала особого обучения обслуживавших ее рабочих и не



Рис. 5 Вид рядов испарителей солнце-силовой установки Шумана в Такони, близ Филадельфии. S—зеркало. K — паровые коробки, W — водопровод. H — паров. труба. Справа — работающая этим паром паровая машина.

могла быть так легко разрушаема ветрами и штормами. Установку эту легко можно было бы довести до таких размеров, что она в состоянии была бы давать и большие мощности (1000 PS и выше). Отдельные ее части всегда легко могут быть исправляемы или заменяемы другими без ущерба для общего хода ра-

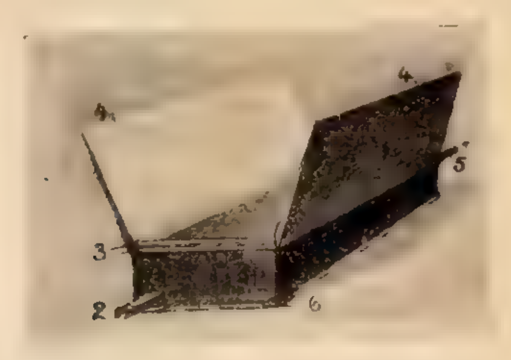


Рис. 6. Отдельный испаритель установки Шумана.

боты. Этими обстоятельствами впервые выполнены были те предварительные условия, которые необходимы для выгодной работы и эксплоатации такой солнце-силовой машины.

На рис. 5 представлен общий вид такой установки. Установленные на низких железных подставках испарители K состоят, как видно на рис. 6, из ряда плоских коробок из листового железа; они вставлены в деревянные рамки и сверху перекрыты двойными

плоскими стеклами, между которыми находится слой воздуха; снизу же толстый слой пробочного материала защищает их от излучения теплоты. Вся установка состоит из 572 таких отдельных коробок, которые соединены в ряд по 22 штуки, так что они образуют 26 больших испарительных рядов. Эти ряды разделены на 2 группы, по обеим сторонам паропроводной трубы H; к ней подводится образовавшийся пар со всех коробок. Питательная труба W непрерывно снабжает водою испарительные коробки.

Вдоль всех испарительных коробок устраиваются слегка наклоненные наружу плоские зеркала S. При помощи этих зеркал солнечные лучи концентрируются на испарителях. Последние должны быть устроены подвижно и притом так, чтобы они легко могли быть наставлены перпендикулярно по отношению к солнечным лучам. Образуемый таким образом пар питает паровую машину низкого давления, которая, в свою очередь, приводит в действие поршневой насос. Насос этот при испытании его подавал на высоту 11 метров 12.000 литров воды в минуту, что соответствует мощности 30 лошадиных сил. Отходящий пар идет в конденсатор, превращается в воду и подводится снова в испарители. Потребность в питательной воде поэтому сравнительно невелика, что является весьма важным обстоятельством в жарких странах.

При работе таких установок было замечено, что парообразование часто очень страдает от сырости, дыма и туманов окружающего воздуха. Следова-

тельно, такого рода солнечные двигатели практически разрешают вопрос только в сухом климате — лучше всего, примерно, в местностях с температурой от 45° до 60°С., как, напр., в Египте, Чили, Аризоне, Неваде, Новой Мексике и Южной Калифорнии, если речь идет только о населенных местностях. В таких местностях уже в настоящее время солнечный двигатель находит себе широкую сферу применения при орошении разных ценных культур, страдающих от недостатка воды.

Именно здесь он может быть практически испробован и видоизменен для выполнения предстоящих ему важных заданий в будущем.

Основанное Шуманом, с капиталом в 300.000 фунтов, общество «Сэн Пауэр К°» («Sun Power C°»), из-за выше упомянутых соображений, избрало для своих опытов в большом масштабе Египет, солнечная теплота которого особенно этому благоприятствует. Тут-то солнце-силовой машине дана была широкая возможность доказать свою полную пригодность для орошения жарких стран вследствие большой нужды в воде, ощущаемой здесь в течение каждого лета. Пускать здесь в действие силовые машины, работающие на угле, очень невыгодно из-за большой стоимости его перевозки. Вследствие этого орошение больших египетских хлопковых культур производится первобытными способами, как., напр., водочерпательными колесами, которые приводятся в действие людьми или скотом.



Рис. 7. Лучесобиратель солнце-силовой установки в Меади (Meadi); в середине, вдоль оси его, находится составленный из отдельных плоских ящиков испаритель. Положение зеркала в полдень.

Солнце-силовая установка была оборудована в Египте летом 1912 года, а именно в Меади, 15 километрами южнее Каира, у самой реки Нила. Оборудование ее во много раз лучше и более совершенно по сравнению с установкой в Такони. Для отражения и концентрации солнечных лучей изобретатель здесь употребляет огромное параболическое зеркало (рис. 8 и 9), составленное из малых плоских зеркал и покоящееся на низкой полукруглой стальной раме. Всего там было устроено 4 таких зеркала. Длина каждого зеркала достигала 61 метра при ширине в 4 метра. Коробчатые, плоские, железные испарители, спаянные между собой в ряд, были подвешены на стальных штангах и расположены на линии фокусов параболических зеркал. Полученный пар приводил в движение паровую машину в 50 лош. сил, которая на рисунке видна впереди под навесом (рис. 10). Под тем же навесом находится и поршневой насос, всасывающая труба которого виднеется над самой землею. На высоте крыши навеса видна большая паровая труба, соединяющая с машиной все 5 рядов испарителей.

Все зеркала стоят на полукруглых железных подставках, снабженных роликами, чем легко достигается их вращение в любую сторону. Они поворачиваются автоматически, следуя ходу солнца. Рис. 7 показывает положение зеркала в полдень. Рано утром зеркала должны быть направлены на восток. Будучи установлены ранним утром, они более не требуют

ни единого прикосновения человеческих рук в течение всего рабочего дня. Солнце само своими лучами заставляет их вращаться посредством особого, специально для этой цели построенного Шуманом, электрически действующего аппарата. Последний начинает функционировать в тот момент, как только солнечные лучи попадают на его приемный орган — две маленькие пластиночки. Как только пластиночки окажутся в тени, аппарат этот перестает работать.

Пластиночки эти так расположены, что они всегда находятся в тени испарителей в тот момент, когда зеркала полностью обращены к солнцу. Это состояние постоянно изменяется благодаря движению солнца, а потому покрывающая пластинки тень становится все короче до тех пор, пока, наконец, солнечные лучи не попадут опять на пластиночки. Тогда, благодаря этому, возбуждается электрический ток в цепи, который выключает определенную соединительную муфту и заставляет этим зеркальные рамы поворачиваться до тех пор, пока пластиночки опять не очутятся в тени.

В самом начале при сооружении солнце-силовой установки в Меади приходилось бороться с некоторыми неудачами. Между прочим, недооценено было количество получаемого от зеркал тепла, так что построенные из тонкого материала испарители чуть не начали было плавиться. Но с начала 1913 года установка эта работает уже вполне удовлетворительно; притом она орошает около 200 гектаров

хлопковых плантаций, ежедневно находясь в действии в продолжении 10 часов.

Весьма важен вопрос, как велики расходы по устройству и по эксплоатации такой солнце-силовой установки по сравнению с силовой установкой, работающей на угле равной мощности. Каковы эти соотношения в настоящий момент, мы, из-за отсутствия цифровых данных, к сожалению, не знаем. В довоенное время высчитано было, что солнечные двигатели имели возможность выдерживать соревнование лишь там, где цена угля превышала 10 золотых марок (4 р. 60 к.) за тонну. При более дешевой цене на уголь паровая машина получала перевес. Если проследить довоенные цены на уголь в отдельных странах, то становится очевидным, что почти везде на юге тонна угля стоила более 20 золотых марок; в Египте, Перу, Чили и Южной Африке она по обыкновению стоила даже до 60—70 золотых марок.

Надо полагать, что из-за войны это соотношение цен еще ухудшилось. Можно поэтому с уверенностью сказать, что солнечный двигатель уже теперь практически вполне выгоден для многих южных стран прежде всего для оросительных целей, а затем и для подачи электрической энергии.

Но все это не разрешает самой сути, выдвинутой раньше проблемы. Ведь речь идет не о том, чтоб установить, что может дать солнечный двигатель в отдельных случаях, а о том, можно ли доверить ему удовлетворение мировой силовой потребности в бу-

дущем. При этом необходимо, прежде всего, знать, где именно таковые солнечные двигатели могут вообще быть установлены. Результаты исследований в этом направлении становятся очевидными из рис. 8.

Только обозначенные на рисунке черным цветом страны обладают большим количеством интенсивных



Рис. 8. Только в странах, обозначенных на этой мировой карте черным цветом, имеются на-лицо предварительные условия, необходимые для беспрерывного действия солнечных двигателей.

солнечных лучей и имеют достаточное количество солнечных дней.

Следовательно, требуемые для продуктивной работы двигателя условия осуществимы, главным образом, в больших пустынях Африки и Австралии, на тропиках и на средне-азиатской возвышенности. Все это страны с таким климатом, где продолжительная,

напряженная мускульная и умственная работа невозможна. А поэтому было бы нецелесообразно создавать там новую промышленность на тот случай, когда угольный голод в теперешних промышленных районах заставит ее остановиться. Итак, невольно приходим к выводу, что интенсивная промышленная деятельность, очевидно, всегда связана с таким (умеренным) климатом, какой встречается у нас в средней Европе и в Северной Америке. Так что и в будущем придется сохранять старые промышленные центры. А так как там использование солнечных лучей для получения энергии невозможно из-за нерегулярной продолжительности солнечного света и из-за косого направления (угла падения) лучей (при низком стоянии солнца), то остается нам пользоваться дарами солнечной энергии только в одних лишь тропиках и пустынях. Тогда для этих стран является новая проблема: как передавать добытую на солнечных установках энергию на большие расстояния? Этот вопрос еще тоже до сих пор не разрешен.

X

Такое положение вещей дало основание неоднократно усомниться в правильности пути использования солнечной теплоты при помощи солнечного двигателя уже по одному тому, что при этом используется лишь небольшой процент солнечной теплоты. Но по какому же другому пути следует итти? Многие утверждают, что следует держаться пути, проделываемого в природе живым растением, ибо листья растения можно рассматривать также как миниатюрные солнце-силовые установки. В микроскопически малых зеленых зернышках, заполняющих каждую клетку листа растения, происходит при солнечном освещении длительный химический процесс, благодаря которому неорганические вещества превращаются в органические. При этом происходит, главным образом, тщательное разложение выдыхаемой людьми и животными углекислоты (CO_2), являющейся также одним из продуктов отходящих газов печей (и разложения при гниении органических веществ), на углерод (C) и кислород (O).

Отщепленный и удержавшийся в растениях углерод превращается сначала в сахар, а затем в крахмал. Необходимую для этого превращения энергию растение заимствует от солнечных лучей, ибо лишь при свете солнца происходит расщепление углекислоты, в то время когда в темноте всякое превращение приостанавливается.

По существу, этот процесс (так называемая «ассимиляция углекислоты») пока нам совершенно почти неизвестен, ибо мы еще не в состоянии искусственным путем воспроизводить его.

Однако, мы можем заставить растение накоплять солнечную теплоту в форме химических продуктов, и этим самым использовать солнечную энергию. Технические возможности этого нового пути были по-

дробно исследованы несколько лет тому назад итальянским химиком Джиакомо Чиамичианом (Giacomo Ciamiccian). Согласно его вычислению, земля из года в год производит 32 миллиарда тонн растительных сухих веществ, сжигание которых равноценно было бы 18 миллиардам тонн угля. Количество мирового годового потребления угля выражается, как уже известно, в цифре 1,3 миллиарда тонн, так что вышеуказанное тепловое использование годовой растительной продукции в 14 раз превышало бы годовую потребность в угле. К тому еще, можно было бы мировую растительную продукцию сильно увеличить посредством целесообразной обработки почвы, что дало бы, по мнению А. Мейера, четырехкратное увеличение современной растительной продукции в наших широтах и еще большее увеличение в тропических странах. Таким образом, бузусловно имеется возможность этим путем заменить уголь, употребляемый для отопления и для силовых надобностей, даже в том случае, если бы потребность в нем увеличилась в несколько раз. Для этого требуется только часть годичного урожая всех растений превратить обычным путем в газ. Этим последним можно было бы не только отапливать и варить, но также и питать силовые установки.

XI

Но этим не исчерпывается проблема использования солнечной энергии. При образовании газа из сухих растительных веществ мы, как и при том же процессе с углем, могли бы получать много ценных побочных продуктов. Затем, имеется еще целый ряд таких растений, которые непосредственно дают весьма ценные в торговле вещества, как, например, каучук, индиго, камфара, копра и еще множество других. Это обстоятельство следовало бы особенно использовать. Хотя как будто некоторые из этих веществ получаются уже теперь и искусственным путем, но, при рациональной обработке земли, добывание всех этих веществ естественным путем обошлось бы, по всей вероятности, значительно дешевле, чем при получении их лабораторным способом. В последнее время стало также возможным заставлять определенные сорта растений производить некоторые вещества, которых они при обыкновенных условиях вовсе не производили. Так, например, помощью известной прививки заставляют кукурузу производить весьма ценное вещество — салицин.

Наконец, Чиамичиан указывает еще на один путь к использованию солнечной энергии, на который до последнего времени вообще не обращали серьезного внимания: на применение солнечного света для выполнения определенных химических процессов. Область эта находится сейчас еще в зачаточном состоянии, несмотря на некоторые удачные начинания, нашедшие себе практическое применение пока только лишь в фотографии. Можно было бы, например, попробовать искусственно воспроизвести «ассимиляционный про-

цесс» растений (о котором речь шла выше), при котором углекислота вревращается в крахмал с образованием при этом свободного кислорода.

Этот процесс является обратным процессом обыкновенного горения. Давно считалось вероятным, что формальдегид является первым ассимиляционным продуктом. И в самом деле, Куртису (Curtius) недавно удалось доказать присутствие формальдегида в листьях букового дерева. Искусственное воспроизведение подобного рода процесса, с помощью ультрафиолетовых лучей, удалось Даниэлю Бертело. Почему же не суметь нам воспроизводить, с известными изменениями, такого же рода процессы в тропических странах и рациональным образом использовать там лучи солнца, пронизывающие всю атмосферу и падающие на землю? Что это возможно, учат нас растения. Поэтому вполне возможно, что впоследствии удастся также, с помощью соответствующих катализаторов, перевести смесь воды и углекислоты в кислород и метан или воспроизвести и другие эндоэнергетические процессы. Теперешние пустынные тропические местности, не имеющие возможности из-за климатических условий давать урожай на своей сухой почве, могли бы тогда также служить для использования в изобилии получаемой ими солнечной энергии...

Кроме этого процесса, благодаря которому могут быть использованы неутилизированные до сих пор продукты горения, существуют еще и некоторые другие процессы, которые могут быть вызваны ультрафиолетовыми лучами. Эти процессы могут иногда произойти и под влиянием обыкновенных световых лучей при условии, если будут открыты новые соответствующие светочувствительные вещества. Синтез озона, триокиси серы, аммиака, окислов азота, как и многие другие синтезы, могут стать, таким образом, предметами промышленного фотохимического процесса *)...

Изготовление определенных красок и красящих веществ химическим путем является также многообещающим поприщем. До сих пор довольствовались тем, что изучали влияние света на обесцвечивание и на другие фотохимические изменения красящих веществ.

Однако, в последнее время сделалось возможным найти способ изготовления красок с помощью солнечного света. Уже в настоящее время имеется целый ряд вполне ободряющих опытов в этом направлении. Мы знаем, между прочим, что свет имеет большое влияние особенно в органической химии, ибо образование многих веществ возможно только под влиянием световых лучей.

Фотохимия доказала, что только лучи с определенной длиной волны, абсорбируемые соответствующими веществами, могут оказать необходимое действие. Хлор и водород, которые соединяются между

---

*) G. Ciamiccian—Фотохимия будущего (1913 г. Stuttgart), стр. 23.

собой при желтом или зеленом свете (обладающими длинной волной) в соляную кислоту, опять расщепляются при ультрафиолетовом свете, обладающем короткой волной. Химическое воздействие света увеличивается вообще от красной части спектра, в направлении к синей и достигает наивысшей точки в ультрафиолетовой части спектра. Мы уже и теперь в состоянии, посредством лучей определенной длины, вызывать определенные химические воздействия. В будущем, по всей вероятности, удастся овладеть этими свойствами света еще в большей степени. В будущем, при добывании органических веществ — красок и пр., нам, вероятно, удастся при помощи световых лучей различной длины волны ввести определенные группы элементов в заранее подсчитанные места химических соединений и таким образом управлять помощью света химическими процессами *).

Итак, химия предоставляет нам десятки возможностей использования солнечной энергии, за разработку которых без сомнения возьмутся в самом ближайшем будущем.

Где имеется обильная, пышная растительность, фотохимическая работа будет предоставлена самим растениям, и этим самым, при рациональной обработке почвы, использована будет солнечная энергия в промышленных целях. В пустынных же местностях,

*) В. Дур (W. Dur) — Проблема фотохимии. В «Техническом обозрении» (Берлин) 1914 г., журнал № 14.

недоступных сельско-хозяйственной культуре, с целью практического использования там солнечной энергии на первом месте будет применяться чистая фотохимия. В сухих и знойных местностях зародятся промышленные поселения без фабричных труб и без дыма и копоти. В оранжереях и резервуарах будут происходить там фотохимические процессы, в наше время свойственные лишь одним растениям. И если, в довольно отдаленное еще от нас время, угольные запасы будут, наконец, окончательно истощены, культура из-за этого все же не прекратится. Сумерки жизни и культуры наступят только лишь тогда, когда не будет солнца!

XII

Однако и тут проблема использования солнечной энергии, путем собирания ее в виде химических продуктов, разрешается лишь частично. Ибо к этому прибавляется еще дальнейшее требование, состоящее в том, чтобы собранную в тропических странах энергию передавать дальше к большим промышленным центрам умеренного пояса. Поскольку речь идет о материалах, которые могут быть непосредственно использованы, то путь экономического их использования достаточно реален. Другое дело с соединениями, которые образуются для превращения содержащейся в них химической энергии в механическую. Здесь опять наиболее подходящим средством явится пре-

вращение с накопленной в них химической энергии в электрическую на месте их добывания.

Тут сам собой возникает вопрос: если производство электричества составляет конечную цель превращения солнечной энергии, то нельзя ли съэкономить весь путь химических соединений? Нельзя ли, как и при непосредственном превращении тепла в электричество, также непосредственно превратить солнечный свет в электрические токи? Обдумав эту проблему, естественно приходится вспомнить то обстоятельство, что свет и электричество представляют собою, собственно говоря, колебательные явления, одинаковые по характеру своему, но отличающиеся между собой лишь различной длиной волны. В то время, когда длина световых волн колеблется от 0,81 до 0,33 одной тысячной доли миллиметра, самые короткие электрические волны имеют 6 миллиметров длины, а самые длинные из них — измеряются тысячами километров.

Однако, пока наука тщетно ищет такого средства, которое дало бы возможность непосредственно изменять длину полученной волны в произвольных границах. Так что путь превращения солнечного света в электричество оказался пока что невозможным. Но имеется другой путь, тоже указываемый нам химией. Кроме упомянутых выше фотохимических процессов, дающих в результате так называемые стабильные продукты, т.-е. материалы, которые не превращаются обратно в исходные вещества при

прекращении действия света, встречаются случаи, когда под влиянием фотохимических процессов образуются соединения, распадающиеся в темноте на свои составные части. При этом накопленная химическая энергия освобождается в форме электрических токов.

Будучи осуществлен в большом масштабе, этот способ дал бы возможность накоплять излучаемую энергию света в виде химических соединений, чтобы затем, по мере желания, получать от них электрическую энергию. Мы обладали бы благодаря этому не чем иным, как «аккумулятором световой энергии», т.-е. химической машиной, имеющей точно такое же значение по отношению к свету, как свинцовый или щелочной аккумулятор по отношению к электричеству. В действительности пока не существует еще такого рода «аккумулятора света». Тем не менее, имеются на-лицо соответственные опыты, результаты которых дают право надеяться на интересные достижения в будущем. Все они связаны с именем Хр. Винтера, который в журнале «Zeitschrift für Elektrochemie» (1912 г.) подробно сообщает о такого рода опытах. Если пропустить ультрафиолетовые лучи через водный раствор смеси хлористого железа с двухлористой ртутью, то оба эти вещества частично превращаются в хлорное железо и хлористую ртуть. Будучи затем оставлены на некоторое время в темноте, новые соединения сами по себе превращаются, правда, очень медленно, обратно в исходные вещества, причем на-

копленная световая энергия может быть получена, посредством специальных приспособлений, в виде электрического тока. Употребляемый для этого аппарат состоит из закрытой снизу воронки, которая делится продырявленной платиновой пластинкой на 2 части: на верхнюю и нижнюю. На платиновой пластинке находится слой платинированного асбеста. Эта воронка наполняется вышеупомянутым раствором и подвергается затем освещению сверху. Образуемая вследствие этого хлористая ртуть падает вниз и отлагается в виде твердого осадка на асбесте. Таким образом, нижняя половина находящейся в воронке жидкости, не подвергнувшаяся изменению, совершенно отделена теперь от верхней изменившейся части. После длительного освещения в продолжении многих часов освещение приостанавливают и аппарат помещают в темном месте. Если после этого ввести в верхнюю половину жидкости воронки платиновый электрод и соединить его через гальванометр со вторым электродом, образуемым продырявленной платиновой пластинкой, то немедленно получается электрический ток, который и может быть обнаружен отклонением гальванометра.

Если освещение производить посредством ртутной дуговой лампы, свет которой богат химически действующими ультрафиолетовыми лучами, то этим путем достигается напряжение до 90 милливольт, в то время как при солнечном освещении можно получить максимум 30 милливольт напряжения. Эти напряжения продолжают оставаться в течение нескольких дней. При коротком замыкании между обоими электродами получается ток силою в 1 миллиампер.

Итак, очевидно, добывать большие количества энергии этим путем нельзя; этот опыт интересен только в научном отношении. И особенно еще потому, что весь процесс основан на ультрафиолетовых лучах, т.-е. лучах с короткими волнами, которые поглощаются при прохождении через атмосферу. Химический процесс, который даст нам практически пригодный аппарат для накопления света, должен основываться на свете с длинной волной, на оранжевых, желтых или зеленых лучах, которыми, кстати, воспроизводится и ассимиляция углекислоты в природе. Является ли притом превращение света в электрическую энергию наилучшим способом его использования, еще пока неизвестно. Желательно было бы накопленный свет получать обратно в виде света.

Нам известен целый ряд таких веществ, которые, будучи интенсивно освещены, светятся затем и в темноте. Остается только неизвестным коэффициент полезного действия такого явления; поэтому отсюда до технически пригодного освещения еще довольно далеко. Но все же путь этот известным образом нам предуказан. И если фотохимия, находящаяся еще в начале своего развития, столь же плодотворно будет развиваться, как и родственные ей термо и электрохимия, то мы можем ожидать от нее впредь огромного влияния на все будущее развитие техники.

XIII

Выше мы определили посылаемое на землю количество солнечной энергии в 350 биллионов лошадиных сил в секунду. Как ни велика эта цифра абсолютно, она все же мала по сравнению с другими космическими запасами энергии Бесконечно большими являются те запасы энергии, с которыми звезды вращаются вокруг своих осей и вокруг своих солнц. Величина этих сил обусловлена огромными массами этих светил и чрезвычайно большими скоростями их движения. Мы будем рассматривать только солнечную систему; сначала землю и вращение ее вокруг собственной оси. Развивающуюся при этом живую силу ученые высчитали равной более 213 квадриллионов лошадиных сил. Если бы вращение земли возможно было бы вдруг задержать, как возможно, например, затормозить ход махового колеса или находящуюся в движении карусель, то освободившаяся энергия была бы достаточной, чтобы все наши машины приводить в движение в течение 700 миллионов столетий...*) Но эта энергия вращения земли никак не может быть использована для земных существ,

*) Указанные цифры, основанные на вычислениях Дзёбек'а, конечно, только приблизительно верны, так как незнание нами многих обстоятельств, имеющих существенное значение для науки, не дает пока возможности сделать более точные вычисления.

так как она,—а с ними и мы, люди,—являемся составной частью вращаемой земли.

Одновременно с этим земля вращается вокруг солнца в течение 365 дней, пролетая 29.700 метров в секунду, в то время когда любой пункт на экваторе, при вращении вокруг земной оси, делает путь в 465 метров в секунду. Так как величина энергии растет пропорционально квадрату скорости, то живая сила вращения земли вокруг солнца на много больше живой силы вращения вокруг ее оси; живая сила вращения вокруг солнца оценена Дзебек'ом в 190 квинтиллионов килограммометров, т.-е. больше, чем в $2^1/_4$ квинтиллиона лошадиных сил в секунду; причем надо заметить, что квинтиллион—это величина с 30-ю нулями. Эта не поддающаяся никакому нашему конкретному представлению величина становится все же несколько более понятной, если добавить, что такое количество энергии вполне хватило бы на поддержание в действии всех наших современных машин в продолжении 8 биллионов столетий. Но и этот неимоверно богатый запас энергии, конечно, никак не может быть использован, ибо, как известно, все земное вращается одновременно с землей вокруг солнца, и нет у нас в распоряжении такого средства, которое могло хотя бы на мгновение задержать беспрестанно вращающийся земной шар.

То же самое можно сказать и о взаимном притяжении масс солнца и земли друг к другу. Эта сила

притяжения их масс, несмотря на огромное расстояние между солнцем и землей, равное 149 миллионам километров, все же настолько велика, что каждый квадратный сантиметр земной поверхности, т.-е. площадь равная медному грошу, должен выдерживать давление в 2 тонн или 2.000 атмосфер *).

Можно было бы, конечно, еще дальше продолжать рассматривание различных притяжений, действующих в мировом пространстве, но это не имело бы никакого смысла, ибо все, что в этом отношении касается нашей земли, еще в большей мере относится ко всем другим звездам. Недоступные для нас, они с определенной закономерностью вращаются по своим орбитам через вечное мировое пространство. И тщетны все мечты и грезы человечества о приближении к ним. Но вернемся к земле. Мы и на земле нашей имеем колоссально богатый, неиспользованный еще источник энергии космического свойства, а именно: огромный запас внутренней теплоты земли, полученный ею «в приданое» от своей заботливой матери-солнца, в то время, когда земля отделилась от солнца. Нам известно ведь, что земля является осколком солнца, оторвавшимся от него в раскаленно-жидком состоянии и превращенным вращательным движением в приплюснутый шар, который, медленно охлаждаясь в про-

*) О. Янсон. Природные источники энергии. Журнал «Kosmos», 1912 год.

должении миллионов лет, образовал земную кору, на которой мы и живем. Предполагают, что толщина земной коры равняется 50 километрам. О глубже этого расположенных зонах нам практически ничего неизвестно. Полагают, что внутренность земли на глубине 200—300 километров находится в совершенно расплавленном состоянии. Это мнение основывается раньше всего на том наблюдении, что температура, по мере углубления во внутрь земли, поднимается на 3° на каждые 100 метров, так что обыкновенная вода, примерно, кипит уже на глубине 3.300 метров *). Все эти вместе взятые обстоятельства можно более наглядно представить таким образом, что все мы, защищенные толстой броней земной коры, находимся как бы на поверхности огромнейшей «печи», тепловая энергия которой, даже при средней внутренней ее температуре в 5.000° С, оценивается не менее чем в 1 квинтиллион килограммометров. Интересует нас здесь вопрос: имеется ли какая-либо возможность использовать энергию этой грандиознейшей «печи»?

Само собой разумеется, никто не думает при этом о самом раскаленном внутреннем очаге земли, справиться с которым мы абсолютно не в силах с нашими скромными техническими средствами. Но

*) В связи с увеличивающимся одновременно с глубиною атмосферным давлением соотношения немного изменяются, так что в действительности вода, кипящая при 120°, встречается там лишь на глубине 4.000 метров.

зато по всей земной коре разбросаны сотни небольших «печей»—гнезда раскаленно-жидкой лавы, дымоходы которых образуют вулканы. Нет ли какой-нибудь возможности использовать их даровую теплоту?

Еще несколько лет тому назад совершенно отрицали всякую возможность этого; слишком грозными казались те силы, которые пришлось бы при этом обуздать. В настоящее же время техника, будучи поставлена перед подобным вопросом, вполне серьезно и основательно изучает его. Так, например, во время войны в Италии закончена и пущена была в ход силовая установка, получающая всю свою энергию из вулканической теплоты. Здесь дело идет не о какой-нибудь опытной установке, а о мощной передаточной центральной станции, имеющей свыше 10.000 P. S., которая снабжает электрической энергией обширную местность вокруг себя и, между прочим, питает энергией трамвай г. Флоренции.

Эта первая в мире вулканическая силовая установка расположена в северной Тоскане в местности Лардерелло (Larderello).

На карте Италии можно разыскать небольшой городок Вольтерра, известный одним своими старинными этрусскими памятниками, другим—своими солевыми, мраморными и алебастровыми каменоломнями. Отсюда в $1^1/_2$ часах автомобильной езды находится Лардерелло (см. рис. 10). Вся местность носит горный характер. Само же Лардерелло напоминает

собою картину из «Ада»—Данте, когда по пути из Вольтерра внезапно открывается эта пустынная долина без всякой растительности, где почти повсюду из земли поднимаются кверху белые, мощные столбы пара, которые густым облаком обволакивают всю местность. Кругом царит при этом такой оглушительный шум, что у присутствующих невольно вызывается тревога и впечатление грозящей катастрофы.

Немногие крошечные домики в этой местности напоминают собою игрушечные строения карликов. Даже большие корпуса фабрик и старый древний замок не ослабляют впечатления страшной запущенности всей местности.

Экскурсия по этой долине убеждает в том, что пары имеют здесь различное происхождение. Часть паров выходит из земных расселин, называемых Соффиони (Soffioni), часть же—из многочисленных горячих источников, находящихся здесь и называемых Лагони (Lagoni); последние представляют собою небольшие, кратероподобные углубления, которые наполнены грязной кипящей водой. Уже одна высокая температура такой воды достаточна была бы, чтобы прекратить в ней всякую жизнь; это довершается еще окислами железа и серы, которые повсюду пропитывают здесь почву. Даже и воздух тут пропитан серными парами, как будто желая этим предостеречь посетителя от грозных и опасных для него подземных сил этой местности.

Несмотря на это, человек все же поселился здесь благодаря тому, что вода Лагони, равно как и пар, со свистом вырывающийся из Соффиони (обстоятельство, указывающее на то, что он имеет значительное напряжение), содержат в себе большое количество борной кислоты. Это содержание борной кислоты открыто было в 1777 г. аптекарем при Тосканском дворе, химиком Хефером (Hoefer). Вскоре после этого взялись за добычу и использование борной кислоты (выработка буры и проч.) сначала в небольшом масштабе, а с 1819 г., по инициативе француза Франческо де-Лардерель, приступлено было к работе фабричным способом. Фабрики буры, основанные им здесь, находились все время до 1912 г. в собственности фамилии де-Лардерель, по имени которой и названа была вся эта местность (рис. 11). В 1912 г. основано было новое общество под названием «Общество Борасифера ди Лардерелло», которое и закупило эти фабрики, соединив их с еще несколькими однородными предприятиями в одно крупное объединение, располагающее 8-ю фабриками буры.

В этих фабриках подземная теплота, содержащаяся в большом количестве в подземных источниках и в их парах, сначала использовалась только лишь для выпаривания содержащего буру раствора. Впоследствии эту тепловую энергию начали там применять и для приведения в движение мельниц, барабанных сит, сортировочных и подъемных машин,



Рис. 9. Естественная струя пара, так наз. „Соффиони", пропущенная для измерительных целей через трубы. Сила, с которой пар выходит из отверстия трубы, указывает на то высокое давление под которым он находится

равно как и для работы древообделочных машин, служащих для изготовления ящиков, и даже для небольшого прокатного стана, изготовляющего листовой свинец, который требуется для внутренней облицовки кристаллизационных чанов разных аппаратов и проч.

Для получения необходимой для всех этих установок механической энергии была установлена 40-сильная поршневая паровая машина низкого давления; к ней по железным трубам подведен был пар, выходящий из специально для этого пробуравленного отверстия в земле. Таких буровых отверстий впоследствии было сделано еще несколько, ибо естественные расселины в ней отчасти трудно доступны, отчасти и неудобны для промышленного их использования.

При этих бурениях основываются на теории, по которой всю поверхность долины представляют себе в виде огромной «покрышки» единого большого котла, вода которого, будучи нагреваема неизвестным подземным очагом тепла, все время находится в кипящем состоянии. Так как эта «покрышка» имеет много трещин, то опасаться разрыва ее не приходится, как и не приходится бояться этого при паровом котле, все время выпускающим свой пар через предохранительные вентили. Само собой разумеется, довольствоваться естественными выходами пара не следует. Если «покрышку» пробуравить в каком-нибудь месте, то оттуда выходит пар, который,



Рис. 10. Общий вид фабрики в Лардерелло.

при соответствующем устройстве бурового отверстия, может быть легко отведен и использован для различных надобностей. Среди окрестных жителей существует даже поговорка: «Кому требуется пар, тому стоит лишь ввинтить свою палку в землю». Это одно достаточно характеризует уже положение этой местности.

Небольшую паровую машину, о которой упоминалось выше, можно считать праотцем теперешней большой силовой установки, воздвигнутой на ее месте. Первая мысль об этом возникла в 1904 году, в тот день, когда вышеупомянутое общество, по инициативе своего президента Жинори Конти (Ginori Conti), решило установить динамо, которое приводилось бы в движение поршневой паровой машиной и служило бы для освещения всей местности и всех находящихся на ней фабрик. Ободренные прекрасными результатами первого опыта, они вскоре решили установить генератор большого размера—в 250 киловатт, назначение которого—обслуживать все, даже более отдаленные окрестности, электрическим током. Для приведения в действие этой машины была установлена паровая турбина низкого давления, так как именно такого рода машины достигли тогда своего высшего развития.

Будучи введено в заблуждение примером тех фабрик, которые непосредственно направляли в свои паровые машины выходящий из земли пар, общество предполагало и здесь пустить непосредственно в паровую турбину выходящий из земли пар, не заботясь вовсе не только о неэкономичности такого способа, но и о вредном его действии на машины. Содержащаяся в нем борная кислота с разными земляными

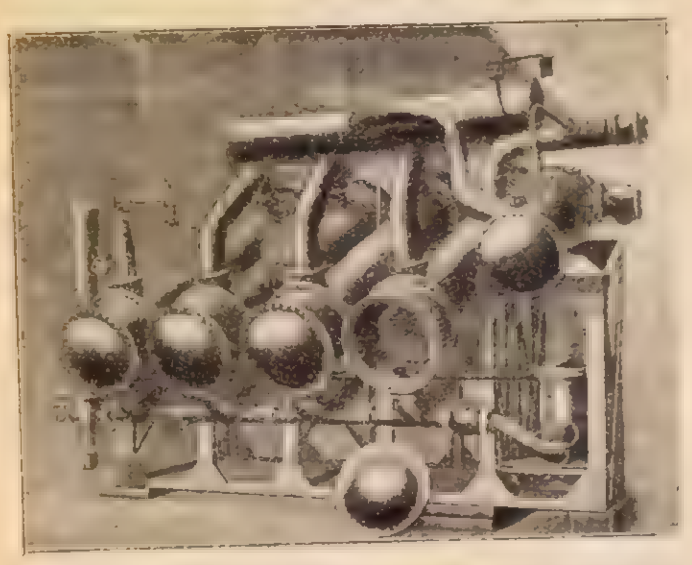


Рис. 11. Паровые котлы вулканической силовой установки в Лардерелло (Larderello), отопляемые естественным паром.

примесями, аммиак и даже некоторые следы кислоты естественно загрязняют и разрушают не только машины, но также и паропроводы. Предпринятые вычисления скоро доказали, что там, где требуется эко-

номность и безопасность работы, так поступать нельзя. Притом, такой естественный пар вводит с собою в машину, кроме вышеупомянутых жидких и твердых примесей, еще около 4—5% неконденсируемых газов (главным образом, угольную кислоту, а также водород и сероводород), так что, помимо загрязнения и разрушения, турбина, непосредственно питаемая таким паром, работает очень неэкономно. Из этих затруднений был один только подходящий выход: отказ от непосредственного применения естественного пара и использование его теплоты для отопления котлов. Только таким путем можно из чистой воды получать чистый пар, необходимый для правильной работы турбинной установки.

Этот новый путь был сначала испробован в опытной установке. Ее паровые котлы мы видим на рис. 11. Установка эта состоит из 4-х наклоненных водотрубных котлов, заключенных в общую рубашку, которые так соединены между собою трубами, что отапливающий их пар последовательно проходит через каждый из них. На рис. 13 изображен один такой водотрубный котел в продольном разрезе. Выходящий из земли пар для отопления имеет температуру 180° C. Он поступает в котел через штуцер A и омывает всю сеть труб этого котла. Во избежание разрушающего влияния примесей пара эти трубы сделаны из аллюминия. Вулканический пар отдает часть своего тепла чистой воде, находящейся в аллюминиевых трубах, выходит из отверстия B через

трубу C в штуцер A следующего котла, отапливает его, затем таким же образом проходит в третий и, наконец, в четвертый котел, а отсюда выходит через штуцер D (см. рис. 11), находящийся на нижней части 4-го котла. Выходящий из 4-го котла пар дальше используется еще в заводе по добыванию буры. Образующаяся при этом конденсированная вода отводится через особую трубу, расположенную в самом низком месте котла. Неконденсирующиеся газы увлекаются наконденсировавшейся частью отапливающего пара и вместе с ним выходят через отверстие D. Чистая вода, необходимая для парообразования (питательная вода), подводится к парообразующим трубам по особой трубе F, соединенной с питательным насосом. Впускающий воду кран E регулирует уровень воды в трубах котла и держит ее постоянно на уровне a—b. Ввиду того, что вода, находящаяся в парообразующих трубах, испаряется очень интенсивно, то образующаяся при этом пароводяная смесь выбрасывается с большой силой из верхнего конца пучка труб B в пространство G, где вода и пар отделяются друг от друга. Пар проходит чрез штуцер T в паросабиратель M, расположенный поперек чрез все 4 трубных котла (сравни рис. 11). Вода же течет вниз и чрез большую собирательную трубу R опять возвращается в парообразующие трубы. Этот круговой процесс воды указан на рисунке стрелками. Конечно, полного отделения пара от воды в пространстве G произойти не может. Пар несет с со-



Рис. 12. Вид машинного отделения силовой установки в Лардерелло. Двигательную силу дает машинам из земли естественный пар.

бою еще довольно большие количества воды. Необходимо поэтому осушить его раньше чем пустить в турбину. Этого можно достигнуть, пропуская его чрез пароперегреватель S, видный на рис. 11 наверху,

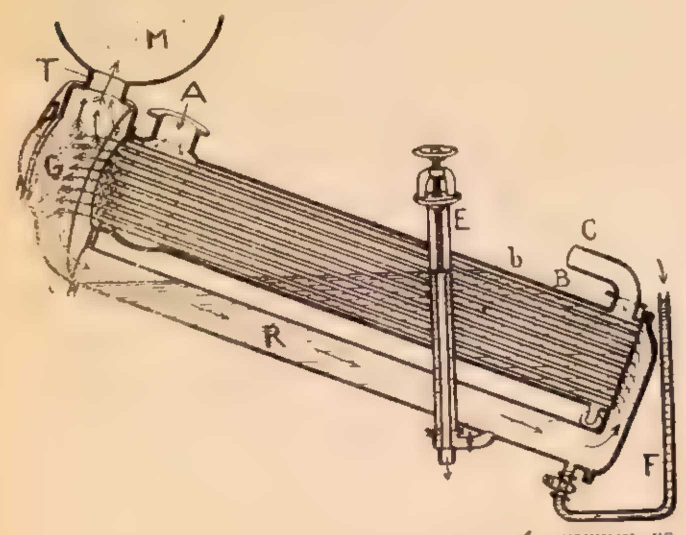


Рис. 13. Один из 4-х паровых котлов, изображенных на рис. 11, в продольном его разрезе.

справа от водотрубных котлов и соединенный трубою O с парособирателем M. Пароперегреватель построен по тому же принципу, что и котлы, и обогревается естественным паром, выходящим из последнего водотрубного котла.

Общая поверхность нагрева этого опытного котла составляет около 100 кв. метр.; он дает, при нагревании его 3-мя тысячами килограммов естественного пара с напряжением в 3,5 атмосф. — 2.500 кгр. чистого пара в час с напряжением в 3 атм. Питаемая этим паром турбина дает чрез непосредственно с ней соединенный генератор около 180 KW. Отходящий пар турбины, посредством поверхностного конденсатора, опять превращается в воду и помощью питательного насоса F опять подводится к котлу чрез трубу. В круговом рабочем процессе применяется, следовательно, только чистая вода.

Эта экспериментальная установка пущена была в ход незадолго до начала мировой войны. С самого начала она работала совершенно удовлетворительно и доказала этим безусловную пригодность своего принципа. Принимая во внимание ощущаемый уже тогда недостаток угля, знакомого Лардерелло только по названию *), и большую потребность в электрической энергии для военной промышленности, общество вскоре после этого решило значительно увеличить установку, доведя ее до 7.500 KW или 10.000 PS **). Теперь силовая установка в Лардерелло обладает (если за последнее время не произошло дальнейшего ее расширения), кроме вышеописанных комплектов машин, еще тремя турбо-генераторами мощностью по 2.500 киловатт каждый, которые дают переменный ток в 4.000 вольт напряжения при 50 периодах в секунду (рис. 12). Турбины, приводящие в действие генераторы, работают с паром в 2,5 атм. рабочего давления, при входящей температуре его в 150° С, и делают 3.000 оборотов в минуту; они принадлежат к самым большим машинам, когда-либо конструированным для столь низкого давления. Имеющиеся здесь 16 паровых котлов построены по той же системе, как и первоначальный опытный котел, но, конечно, значительно больше его по объему. Масляные трансформаторы увеличивают напряжение в сети до 26.000 вольт. С таким напряжением полученная здесь энергия передается по 5-ти передаточным проводам в города: Вольтерра, Сиена, Цецина, Ливорно и Флоренцию, обслуживая их электрические сети.

*) Уголь Лардерелло неизвестен; даже во всех селах здесь варят и отапливают сплошь только выходящим из земли паром.

**) PS—лошадин. сил.
KW—киловатт.

XIV

Хорошие результаты, полученные на этой своеобразной установке для использования тепловой подземной энергии, навели кое-где и в других местах на мысль об использовании этого источника. «Общество для добывания буры» в Лардерелло располагает кроме этого еще очень значительными паровыми источниками в другом месте — в Лаго, которые в ближайшее время тоже должны быть использованы.

Так как выходящий здесь из земли пар содержит в себе только следы неконденсирующихся газов, здесь хотят снова испробовать первоначальную идею о применении естественного подземного пара непосредственно для паровых турбин. Паровые котлы с их подсобными аппаратами могли бы тогда стать излишними. Это значительно уменьшило бы стоимость установки и повысило бы коэффициент полезного действия. Для Италии, — страны бедной собственными горючими материалами, — этот вопрос имеет, конечно, исключительное значение. Каменный уголь здесь вовсе отсутствует и привозится извне по высокой цене, а имеющийся бурый уголь, даже при самом интенсивном добывании, может удовлетворять только небольшую часть потребности страны. Северная Италия и некоторые местности средней Италии используют поэтому имеющиеся там большие водные силы в целях обслуживания промышленности. Тоскану «белым углем» снабжают из Апеннин; но количество воды здесь очень сильно убывает в жаркие месяцы. Вот почему силовая установка в Лардерелло и другие подобные ей установки, которые предполагается построить, по всей вероятности, на Везувие и на Этне, должны будут играть большую роль в народном хозяйстве Италии. Это явится началом того будущего развития, по пути которого пойдут, вероятно, и в других местах нашей планеты.

В Англии, где угольные запасы будут истощены раньше, чем в других странах, с большим вниманием

следили за опытами, производившимися в Лардерелло. Результаты таковых дали основание такой крупной научной величине, как Чарльсу Парсонсу (Charles Parsons), — знаменитому изобретателю паровой турбины, — опубликовать свой новый план, который всю эту проблему выдвигает из узкой сферы единичных случаев в область всеобщего применения: везде, по его мнению, должно быть осуществлено использование неисчерпаемых источников внутренней теплоты земли для того, чтобы иметь возможность доставлять для надобностей промышленности находящиеся в глубине огромные количества тепловой энергии. В первую очередь необходимо обратить внимание на геологическое исследование тех мест, где подземная теплота наиболее близко отстоит от поверхности земли. В таких местах необходимо всеми находящимися в распоряжении техники средствами проложить большие шахты в землю так глубоко, как только это возможно будет. Границы глубины приблизительно определяются температурой и давлением земляных масс. При глубине в 25 километров давление, поскольку нам известно, столь сильно, что известковый камень напоминает по виду пластическую глину, а при 50 километрах глубины даже гранит и тот превращается в жидкое состояние. Но на таких глубинах невозможно было бы проложить шахту уже по одному тому, что ее стенки не выдержали бы давления верхних слоев и рухнули бы под этим напором, подобно карточным домикам; об этом почему-то ничего не

упоминает Парсонс. Он полагал, что достижение подземной температуры в 200-250° вполне достаточно было бы для получения осязательных результатов. Подобную температуру можно было бы найти лишь на глубине 6 — 8 километров под землею, в то время когда самая большая в мире глубина, достигнутая бурением, равняется 2134 метрам. Такая глубина достигнута была около местности Фермонт в Соединенных Штатах. В буровом отверстии на такой глубине температура доходила почти до 78°.

Планы Парсонса не только имеют в виду проведение таких шахт, что явилось бы задачей технически выполнимой при наличии достаточных средств, но они предвидят устройство больших выемок в самом глубоком месте этих шахт, своего рода естественных паровых котлов, куда через одну трубу подводилась бы постоянно сверху свежая вода, в то время как через другую — доставлялся бы наверх пар, образовавшийся там из кипящей воды. Целью Парсонса является, конечно, получение пара в очень больших количествах. Что в Лардерелло создано было природой, то он хотел бы, подражая этому, повсюду создавать искусственным путем. По его мнению, желательно было бы соорудить большое количество огромнейших котлов под землей, которые отапливались бы внутренней подземной теплотой земли.

Стоимость такого подземного сооружения оценивается им в 25 миллионов долларов, каковую сумму вполне мыслимо было бы затратить на подобную

цель в наше богатое миллиардами время. Но главный вопрос состоит в том, во что обойдется постоянное содержание такой установки и какова будет ее доходность? При желании получать из каждой такой шахты постоянно 1 миллион лошадиных сил—а такие большие мощности безусловно необходимы для полной замены угля — требуется ежечасно превратить в пар не менее 6.000 куб. метров воды, т.-е. 2.000 литров воды в секунду. Для такой мощности требуется «котел» исключительно грандиозных размеров. Необходимо будет, следовательно, устраивать в глубине очень большие подземные пространства для пара. К тому же необходимо обратить особое внимание еще на один важный пункт. Лардерелло служит только небольшим примером того, какие огромные действия может вызывать в области парообразования подземная теплота земли, если теплота эта приходит в соприкосновение, на значительном пространстве, с проникающей в глубь земли водою. Мы имеем пред собою целый ряд примеров такого действия, страшных по величественности своей, как, напр., взрыв Кракатау вблизи Зондских островов, вызванный провалом морского дна в раскаленную внутренность вулкана, который, вместе с половиной острова, сам взорвался, взлетев на воздух мелкими кусками. Каким же образом можно будет избегнуть подобных катастроф при желании в будущем провести в жизнь идеи Парсонса?

На этот вопрос техника пока еще не в состоянии нам ответить.

XV

Помимо подземной теплоты, внутренность земли имеет еще 2 других источника энергии, над использованием которых люди давно уже стали задумываться: земной магнетизм и земные электрические токи. Больше всего привлекал к себе внимание многих изобретателей земной магнетизм. Несмотря на это, никакого успеха в этой области пока не достигнуто. Собственно говоря, это никого не должно удивить—стоит только внимательно проследить положение вещей. Ибо, как ни сильным казалось бы вообще магнитное поле земли, все же оно слишком слабо, чтоб давать осязаемые технические результаты. Наша техника стремится современные машины построить таким образом, чтоб они, занимая минимальное пространство, сосредоточили бы в себе максимальную мощность.

Необходимым предварительным условием для этого является, чтобы энергия находилась в концентрированной форме, как, напр., в водяном паре или в мощном водопаде. Земной магнетизм является по сравнению с ними довольно «странной» силой. Он напоминает собою страшно широкую и глубокую реку, но столь медленно текущую и притом с таким небольшим уклоном, что никакая машина не может быть приведена посредством ее в действие. Для этого требовалось бы искусственно увеличить уклон (т.-е.

разность потенциалов), чего произвести с магнетизмом пока еще не удалось.

Точно так же обстоит дело с токами в земле *)— электрическими токами, которые получаются тогда, когда мы соединим между собой проводом 2 зарытые в землю металлические пластинки, находящиеся на большом расстоянии друг от друга. Токи эти настолько слабы, что о техническом применении их думать не приходится. Более сильные токи могли бы, вероятно, получиться, если бы один из электродов опустить очень глубоко в землю, ибо между поверхностью земли и глубокими внутренними ее слоями имеется разность напряжений, увеличивающаяся по мере углубления в землю. Предложено было произвести соответствующие опыты в этой области, но, к сожалению, они до сих пор еще не проделаны. Весь вопрос остается по сие время совершенно невыясненным, а потому у нас отсутствует возможность его технического обсуждения.

XVI

Существует еще другой источник естественного электричества — электричество воздуха, — образую-

*) Электро-токи в земле не должно смешивать с так называемыми «блуждающими токами». Последние хотя и протекают в земле, но не являются токами космического происхождения, а происходят из-за плохой изоляции трамвайных рельс и пр., являясь, таким образом, машинными токами.

щееся в виде молний во время грозы. Вопрос о его применении сейчас снова живо обсуждается в связи с появлением книги Плаузон'а (Plauson'a) (из Гамбурга), в которой он излагает планы спасения мира от энергетического голода посредством устройства больших воздушносиловых установок. Его планы разрабатывают и повторяют, главным образом, по существу давно уже известные старые предложения. Известно ведь, что земля почти всегда заряжена отрицательным электричеством, в противоположность атмосфере, которая заряжена положительно. Так что вследствие этого над землею образуется своего рода электрическое поле. При желании использовать это напряжение необходимо привести его в электрическое соединение с напряжением земли. Сам воздух не может служить в качестве проводника этого электричества из-за весьма малой электропроводности. Необходимо поэтому поместить в атмосфере особо приспособленные собиратели и соединить их проводами с землею. В качестве таких «собирателей» Плаузон предлагает применить огромные изолированные от земли воздушные шары из легкого металла, наполненные водородом или гелием. Наружная поверхность таких шаров, действующих как небольшие громоотводы, усаживается острыми металлическими шипами, покрытыми слоем из препаратов радия для того, чтоб сделать более проводимым окружающий их воздух и облегчить этим приток к ним атмосферного электричества. Эти шары подымаются

на известном расстоянии друг от друга в воздух на высоту в 500 метров и соединяются группами между собой посредством толстых проводов. Таким образом, каждая группа образует собою единую электрическую систему, простирающуюся на возможно большее воздушное пространство (сравни рис. 14).

Вся эта система связана с землею посредством провода, к которому приделан особый так назыв. «искровой разрядник». Электричество, собирающееся над этим «искровым разрядником», периодически разряжается каждый раз, когда заряд становится достаточно силен, чтоб преодолеть сопротивление искрового промежутка. Так как заряд каждый раз снова сам собой возобновляется, то мы—говорит Плаузон—имеем в нашем распоряжении постоянно действующий электрический источник. Однако, непосредственное использование собираемой энергии невозможно, ибо мы имеем дело с постоянным током очень высокого напряжения. Плаузон предлагает поэтому соединить с «искровым разрядником» особого рода электрический контур колебания, в котором, при перескакивании искры, появляются сильные электрические колебания, так что при этом постоянный ток превращается в переменный ток большой частоты. Этот первичный контур колебания индуктирует во вторичном круге ток, позволяющий приводить в движение новоизобретенный тем же Плаузон'ом резонансный мотор. Последний уже дает механическую энергию

для рабочих машин и обыкновенных динамо, смотря по тому, должна ли полученная энергия потребляться на месте или быть передаваема на расстоянии.

Теперь подробности практического выполнения.

Изобретатель так представляет себе выполнение этого плана: на всех неиспользуемых для почвенных культур местах земного шара, прежде всего в болотистых, гористых, степных и пустынных местностях, по морям и озерам, сооружаются соответствующие собирательные установки. При их содействии он предполагает из каждого квадратного километра атмосферы извлечь минимум 200 лош. сил, а при помощи более усовершенствованных способов — даже до 500 лош. сил.

Плаузон вычислил, что в Германии можно было бы таким образом использовать для подобных воздушно-силовых установок, без ущерба для сельского хозяйства, около $^1/_3$ всей поверхности страны.

Суточная мощность таких установок для всей Германии, при современном состоянии техники, оценивается им в 720 миллионов лошадиных сил.

Если бы эти цифры действительно оправдались, то воздушное электричество могло бы, конечно, заменить значительную часть потребляемого угля. Спрашивается лишь, насколько изложенные Плаузон'ом выкладки верны? Все, что на эту тему можно было сказать, изложено было в довольно ясной форме Руппел'ем (Ruppel) при обсуждении планов Плаузона в журнале «Technisches Blatt».



Рис. 14. Воздушная силовая установка по Плаузону для получения атмосферного электричества.

Самое главное и ценное, что в этом журнале высказаны были не одни только соображения, а все, что там изложено, основано было на действительных опытах.

Произведенными опытами установлено было, что в воздухе имеется электричество не только во время грозы, но и при хорошей погоде. Монье установил это еще в 1753 году непосредственно после знаменитого письма Франклина к Лондонскому Королевскому Обществу о применении металлического острия в качестве громоотвода.

Новые измерения, произведенные после этого на воздушных шарах и многочисленных пробных шарах (зондах), показали, что на различных высотах над землей существуют вполне определенные электрические напряжения. Эти напряжения образуются вследствие влияния отрицательно заряженной земной поверхности с одной стороны, и образующегося в самой атмосфере заряда положительного электричества (под влиянием ультрафиолетовых лучей солнца и радиоактивных веществ) с другой. Различные степени напряжения в различных местах над землей распределяются так, что напряжение возрастает с высотой и притом следующим образом:

Вблизи земной поверхности	на	100-150	вольт на кажд. метр;
на высоте 1500 м. прибл.	„	25	„ „ „ „
„ „ 4000 „ „	„	10	„ „ „ „
„ „ 8000 „ „	„	2	„ „ „ „

Из этого получается, на основании измерений Линке (Linke) и др.,

для 1500 м. высоты—суммарное напряж. в	120.000	вольт;
„ 4000 „ „ „ „ „	165.000	„
„ 8000 „ „ „ „ „	190.000	„

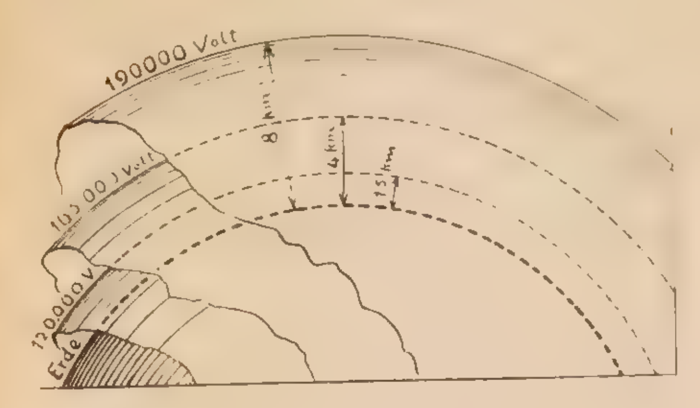


Рис. 15. Схематическое изображение распределения напряжения в электрическом поле земли.

Общее суммарное напряжение между определенным пунктом земной поверхности и какой-нибудь более или менее высоко лежащей точкой атмосферы сравнительно невелико; оно достигает самое большее 200.000 вольт на высоте 10 килом., причем самая значительная часть напряжения приходится на нижние слои атмосферы.

Вышеупомянутый отрицательный заряд земли объясняется тем, что содержащиеся в земной коре радиоактивные вещества ионизируют воздух, окружающий ее, т.-е. расщепляют атомы газов, из которых он состоит, на отрицательные частицы — электроны и положительные — ядра-ионы. Электроны остаются

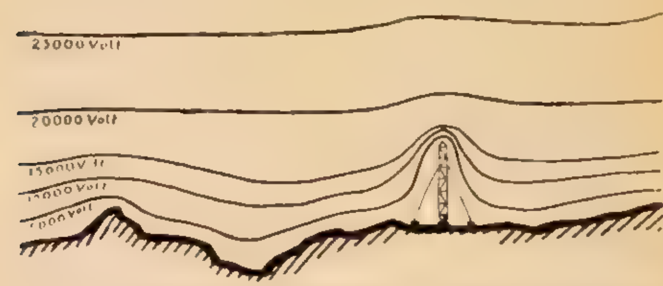


Рис. 16. Схематическое изображение потенциальных плоскостей нашей атмосферы и влияние на них почвенного рельефа, земных сооружений и проч.

большей частью в земле, ионы же переносятся в атмосферу, которая и без того отчасти ионизирована уже под влиянием ультрафиолетовых лучей солнца и других факторов. Эта ионизация придает воздуху небольшую, правда, электропроводимость, без которой он действовал бы, как изолятор. Следствием этого является то, что под влиянием электрического поля из атмосферы по направлению к земле проходит электрический ток, так называемый «вертикальный ток», силу которого можно определить при по-

мощи соответственных инструментов. Средняя величина такого тока равняется 0, 000.000.000.000.000.2 ампера на квадратный сантиметр земной поверхности, так что на каждый квадратный километр ее приходится $\frac{2}{1.000.0000}$ ампера. Это даст на всю Германию, имеющую около 500.000 квадр. километр, около 1 ампера, а для всей поверхности земного шара — около 1000 амп.

Эти цифры показывают, что проходящие по воздуху, как по проводнику, электрические токи из атмосферы к земле совершенно незначительны, даже в том случае, если использовать их и на весьма обширных пространствах. Но мощность этих токов можно было бы значительно увеличить, при замене слабопроводящего электричество столба воздуха — металлическим проводником. Ибо тогда, во-первых, «вертикальные токи», окружающей провод среды, соберутся в этом металлическом проводе, а во-вторых, токи эти еще более усилятся под влиянием тех областей атмосферы, имеющих более высокое напряжение, и которые, вследствие прохождения по ним металлического проводника, отдадут ему свое электричество.

При помощи воздушного змея удалось поднять на воздух проволоку на 140 метров высоты и получить таким способом из атмосферы токи силой до $\frac{2}{1.000.000}$ частей ампера на квадратный сантиметр.

Итак, если воспользоваться идеей Плаузон'а и поднять на воздух большие металлические поверх-

ности, которые связаны были бы проводом с землей, то через них действительно будет протекать более сильный ток, чем нормальный вертикальный ток. Сила этого тока будет находиться в зависимости от величины «собирательной поверхности» и от той высоты, на которую она была поднята. Так как исходные величины крайне малы, то токи бо́льшей силы возможно было бы получать лишь при употреблении чрезвычайно больших «собирательных поверхностей», имеющих несколько тысяч квадратных километров. Создать такие огромные поверхности, которые к тому еще постоянно висели бы в воздухе, является в настоящее время непосильной задачей.

К этой технической невозможности присоединяется еще и одно естественное препятствие. А именно: «собирательные поверхности» в состоянии лишь тогда давать ток в течение продолжительного времени, если заряды, которые они получают от атмосферы, все время пополняются, т.-е. если к ним подводится из окружающей среды постоянно новое количество электричества. Плаузон, как и другие изобретатели воздушных силовых установок, почему-то считает это вполне естественным. Но не следует забывать, что ток протекает только там, где имеется разность напряжений. А таковые имеются в атмосфере лишь в вертикальном, а не в горизонтальном направлении (сравни рис. 16). Из зон, расположенных над «собирателями», новое электричество может проникать к ним лишь очень медленно, так как воздух,

будучи сам ионизирован, представляет собой очень плохой проводник электричества, в котором частички электричества едва двигаются с места. А из слоев воздуха, окружающих «собиратели», пополнение приходит гораздо позже, ибо таковое происходит не вследствие прохождения тока, а лишь благодаря обмену между новообразовавшимися ионами, для чего требуется постоянное движение воздуха.

Из-за этих, вытекающих из естественных обстоятельств, фактов каждая попытка извлечь из атмосферы постоянное и значительное количество электричества заранее обречена на неудачу. Покрывая собирательные поверхности тонким слоем радиоактивных веществ, повышающих вследствие искусственной ионизации электропроводимость воздуха, можно несколько ускорить время, необходимое для нового заряжения «собирателей». Но и этим нельзя настолько увеличить транспортирование электричества в воздухе, чтобы благодаря этому возможно было извлекать из одного места значительный и постоянный электрический ток.

Идея Плаузон'а, следовательно, очень напоминает собой более объемистые планы его многочисленных предшественников. Мысль поднять на воздух на известную высоту металлические шарообразные собиратели, усеянные на поверхности своей остриями, чтобы при их посредстве иметь возможность собирать атмосферное электричество, — уж очень стара. Один из этих изобретателей пытался даже для этой цели

поднять и удержать в воздухе большую сеть площадью в 90.000 кв. метров, усеянную 3 миллионами металлических остриев.

Если не приходится думать об использовании обыкновенного электрического заряда воздуха, то все же во время грозы обстоятельства несколько видоизменяются. Электрическое поле определенно должно быть тогда гораздо сильнее, на что указывает молния. Так что в этом случае казалось бы возможным получать посредством собирательных проводов электро-токи гораздо большей силы: по крайней мере мощность, равную той, которую заключают в себе молнии.

Рассуждение это, пожалуй, вполне правильно, Но и в этом случае количество энергии, о котором идет речь, обыкновенно переоценивается. Каковы же были бы результаты от удержания электричества молнии? Из измерений, сделанных под ударами молнии в базальтовые скалы, пытались вычислить силу тока и напряжение при таких разрядах. При этом зарегистрированы были токи силой в 10.000 ампер и напряжения до 500.000 вольт. Другие вычисления, также не очень твердо обоснованные, предполагают гораздо более высокие напряжения; так, примерно, напряжение молнии длиной в два километра определяется в 25 миллионов вольт. Если положить в основу эту цифру и принять силу тока равной 10.000 ампер, то мы получим общую сумму энергии молнии, продолжительность которой в лучшем случае $\frac{1}{100}$ секунды, равную 700 киловаттчасов. И если дальше предположить, что во время грозы над определенной местностью происходят 10 разрядов молнии (цифра относительно высокая), то каждая гроза в этой местности может дать около 7.000 киловаттчасов. В течение года каждая местность в наших широтах может рассчитывать на 30 дней, в которых бывает гроза. Отсюда следует, что если бы даже вся энергия гроз была подхвачена и использована (что практически немыслимо), то соответствующая установка, в лучшем случае, давала бы ежегодно не более 210.000 киловаттчасов. Это—чрезвычайно малая мощность, которая тем менее может быть принята в расчет для технических надобностей, что она распределяется на большие промежутки и действует притом в продолжении чрезвычайно короткого времени, измеряемого мгновениями; поэтому для практического использования этой энергии необходимо было бы сначала предварительно собирать ее. Ясно, что строить для секундного извлечения энергии, действующей притом только лишь в продолжении 30 дней в году, дорого обходящуюся собирательную установку — было бы крайне неэкономно. Итак, мы видим, что, при трезвом рассмотрении фактов, использование гроз в качестве источника энергии вовсе отпадает. Мечтать о замене угля воздушно-силовыми установками — ни в какой форме немыслимо при помощи нашей современной науки.

XVII

В заключение остается поговорить еще о морских волнах и о морских приливах и отливах в качестве последнего источника энергии, который может быть принят во внимание техникой для будущего снабжения нас силовой энергией. С морскими волнами дело обстоит так же, как и с вызывающими их ветрами. Они содержат в себе громаднейшие количества энергии, которая прежде всего проявляется там, где волны бушуют и вздымаются у отвесных морских берегов. Там мы видим их силу достаточную, чтобы своей неустанной работой разрушать скалы, прорывать своими могучими ударами крепкие плотины и низвергать большие пространства земли в грозную пучину—на дно морское. Но бушующий прибой волн на следующий день может превратиться в легкую качающуюся зыбь. Ясно, что эта переменчивость и непостоянство сильно мешают промышленному использованию больших механических сил, таящихся в неустанной игре волн. Все же можно отметить множество попыток к их использованию.

Очень подходящую мысль осуществил американец Райт (Wright) своим двигателем, работающим при помощи силы волн, который был установлен на калифорнийском берегу еще в 1901 году. В специальном сооружении, выдающимся на 100 метров в море, установлены были три громадных поплавка, которые

постоянно совершают колебательные движения вверх и вниз вследствие движения волн. Это движение переносится на насос, работа которого состоит в накачивании морской воды в особый, высоко расположенный резервуар. Этой водой приводится в движение турбина, которая, со своей стороны, вращает динамо. Установка эта и сейчас, повидимому, продолжает работать и дает постоянную мощность в 9 лошад. сил.

Почти такие же планы развивал еще в 1878 г. немец Плесснер (Plessner); он хотел к тому еще усилить действие установки устройством особых плотин, которые направляли бы волны к поплавкам.

Другого рода двигатель для волн был построен в Ocean Grove в двадцати милях южнее Нью-Йорка. Там волны действуют не на поплавки, а на подвешенные, свободно качающиеся деревянные плоскости, которые волнами приводятся в колебательное движение, передаваемое рычагами к особым насосам. Теоретически можно было бы весьма далеко развивать принцип таких поплавков. По мнению Оливера Лоджа, можно было бы в местах, где волны особенно сильны, расположить около дюжины тяжеловесных судовых корпусов в качестве поплавков и колебательные движения их вверх и вниз перенести посредством особых мостовых рычагов и зубчаток к трансмиссиям. Такое устройство дало бы изрядное количество килограммометров энергии в секунду. Затруднительно было бы, конечно, устройство соединений всех этих судовых

корпусов с берегом, так как эти соединения должны были бы выдерживать большие напряжения от действия морских волн; при этом в таких случаях часто появляются такие огромные силы, величину которых определенно трудно себе представить. Англичанин Стивенсон при измерениях динамической силы волн нашел давления от 15 до 35 тонн на каждый квадратный метр берега. Он высчитал, что западный берег Франции при одном лишь единственном сильном порыве ветра должен выдержать волну, энергия движения которой соответствует рабочей мощности в 100 миллионов лошадиных сил. Эта цифра равна общей сумме энергии всех материковых водных сил, вместе взятых.

Но бесцельно было бы проводить такие большие цифры, которые не могут (вследствие их непостоянства) служить основанием для каких-либо расчетов. Поэтому волны, подобно ветру, могут оказать человечеству некоторые услуги только лишь в исключительных случаях. Одним из таких применений является использование силы волн для приведения в действие светящихся и звуковых пловучих сигналов — буйков, служащих для обозначения безопасного движения судов в устьях рек и при входах в порты. Предшественником их являются известные еще 400 лет тому назад колокольные буи, представляющие собой пустые, железные, пловучие тела, закрепленные посредством цепи и якоря на морском дне и снабженные наверху большим колпаком. При сильном ка-

чании волн колокол начинает звонить, указывая своим звоном путь всем находящимся вблизи судам, что особенно важно как при ночном плавании, так и во время туманов. В последнее время эти звонящие буи, звон которых слышен лишь на близком расстоянии, все более и более заменяются звуковыми буями, которые издают довольно пронзительные звуки. Их пловучий корпус устроен так, что благодаря ударам волн нагнетается воздух в особое полое пространство, откуда он, достигнув определенного давления, чрез особый вентиль попадает в воздушный колокол. Отсюда воздух выходит чрез гудок или сирену наружу, издавая далеко слышимые звуки.

Наконец, упомянем еще о построенном инженером Гере (Gehre) из г. Рат (Rath) в высшей степени остроумном светящемся бакене, приводимом в действие силой волн, который оказался вполне пригодным на практике. Устройство его следующее: возле постоянно вертикально плывущего маячка находится другой поплавок, соединенный с маячком. Этот рычаг приводится в колебательное движение под действием волн особым рычагом и движется все время вверх и вниз (по отношению к вертикальной оси маячка) и своими движениями подымает находящийся в полом пространстве маячка груз; груз этот, опускаясь с известной высоты, приводит в движение небольшую динамо-машину, дающую ток электрической лампочке. Так как груз все время то поднимается, то опускается, поэтому маячок светится с известными

перерывами: он дает мигающий огонь, более пригодный для морской сигнализации во время тумана, чем непрерывный огонь.

Устройство такого бакена стоит недорого, равно как и расходы по его содержанию. Все же он не в состоянии вытеснить светящиеся буи, работающие сжатым газом или ацетиленом. Вероятнее всего потому, что непостоянство волн не дает полной уверенности в его беспрерывном действии.

XVIII

С морским приливом и отливом вопрос обстоит совсем иначе. Это явление вызвано, главным образом, регулярным вращением земли вокруг своей оси и притяжением масс луны и солнца. Поэтому здесь дело идет о постоянно повторяющихся, в определенные промежутки времени, явлениях природы. Именно это последнее обстоятельство и является первым необходимым условием для промышленного использования. Сущность самого явления, конечно, известна. Она состоит в том, что в течение каждых суток уровень морской поверхности два раза в продолжении около 6 часов регулярно подымается, а в промежутках между ними в продолжении тех же часов постепенно опускается. А происходит это оттого, что луна притягивает к себе поочередно воду той половины земного шара, которая соответственно обращена к ней, так что по всему ее пути

следует за ней огромнейшая волна прилива морской волны на суше. Такого же рода волна проносится по не обращенной к луне другой половине земного шара, ибо и материк подвержен также этому притяжению. Так что и на этой половине земного шара у моря как бы «почва под ногами ускользает», что в результате дает явление морского отлива. В среднем — уровень морской поверхности между приливом и отливом повышается от 2 до 4 метров. В Северном море разность этих уровней можно принять в среднем около 3 метров. Но имеется очень много таких областей на земном шаре, особое местоположение и рельеф которых настолько благоприятствуют развитию волн прилива, что они достигают высоты в 10 и даже в 12 метров; в то же время, например, на Средиземном море и в Балтийском, вследствие существующих в них тесных проходов для проникновений океанской воды, явления прилива и отлива почти не замечаются.

В Европе явление прилива и отлива эффектнее всего наблюдается на западном берегу Франции и на юго-западном берегу Англии прежде всего в морских бухтах и в воронкообразно сужающихся глубоких устьях рек. Там образуются во время больших приливов, т.-е. в то время, когда солнце своим притяжением усиливает еще притяжение луны, огромные водяные горы, высотой от 12 до 16 метров, которые с все увеличивающейся скоростью несутся вверх по течению, чтобы вслед за тем еще быстрее вернуться

обратно. В это время поднятие воды продолжается 5 ч., а спадение — 7½ часов; обыкновенную же продолжительность явлений прилива и отлива можно считать по 6¼ часов каждое.

Само собой понятно, что движение таких больших водных масс таит в себе огромнейший запас силовой энергии.

Попытки к вычислению его величины доказали, что в нем мы имеем после солнечного излучения самый большой источник даровой энергии на земле.

Его рабочий эквивалент определяется головокружительной цифрой в 11 триллионов лошадиных сил.

Этим количеством лошадиных сил можно было бы удовлетворить современную мировую потребность в энергии в продолжении 40 миллиардов лет. Не следует, конечно, смешивать вопрос о количестве содержащейся в воде прилива и отлива энергии с тем количеством ее, которое действительно возможно было бы использовать. Не надо забывать, что весьма значительная часть этой энергии пропадает без пользы во время сильного морского прибоя волн к материкам. И если основательно изучить вопрос о промышленном использовании свободного остатка этой энергии, то легко можно убедиться, что коэффициент полезного действия его не очень велик. Главные затруднения заключаются в том, что количества энергии, содержащиеся в приливах морской воды, колеблются не только в продолжении каждого из 24 часов, но также стоят в зависимости от раз-

личных времен года. Чтобы произвести равномерное использование энергии, необходимо каким-нибудь образом удержать уровень воды прилива. При желании получить в свое распоряжение большие количества энергии, на некоторых отлогих морских побережьях устраиваются огромнейшие резервуары для воды (водохранилища). Резервуары должны иметь возможность быстро наполняться и столь же быстро опорожняться. Этому обстоятельству мешает то, что в плотинах имеется возможность устраивать только лишь ограниченное количество отверстий, концентрируя эти отверстия в определенных местах, а именно там, где должны быть расположены водо-силовые двигатели. К тому же следует обратить серьезное внимание на опасность засорения резервуаров песками.

Все перечисленные затруднения ничуть не ослабили интереса к разрешению этой трудной проблемы. Наоборот, ни одна техническая задача такой сложности не привлекала столько интереса, как данная проблема. По сделанному в журнале «Revue General d'Electricité» подсчету, начиная с 1837 г. по 1917 г., предложено было около 100 различных проектов, разрабатывавших идею извлечения двигательной энергии из энергии морских приливов и отливов. Там же сообщается, что, якобы, уже в XI веке существовали в Венеции водяные мельницы, работавшие на приливе и отливе. Но это сообщение весьма мало вероятно, если принять во внимание небольшую мощность приливов в Адриатическом море. Кроме того,

подробные описания таких небольших мельниц встречаются и в технических книгах, появившихся еще в 1438 и 1617 г.г. Это указывает на то, что уже тогда подобная мысль основательно занимала человеческие умы. В Броклине, около Нью-Йорка, еще недавно существовали 3 мельницы такого же типа, построенные голландцами еще около 1637 года на принципе использования прилива и отлива. Затем таковые были построены в 1713 г. в Дюнкирхене и в 1871 г. на побережье Дитмаршен. Во всех этих трех упомянутых случаях устроены были для воды резервуары, отделенные плотинами от моря. В каждой плотине было устроено отверстие, через которое во время прилива вода входила в резервуар, а во время отлива вытекала из него. Вытекающая вода приводила в движение водяное колесо, вращавшее, в свою очередь, жернова мельницы. При этом колесо это вращалось, конечно, во время прилива в одну сторону, а во время отлива — в другую, в то время когда для мельницы требуется однообразное вращение в одну сторону. Поэтому приходилось устраивать дорого стоящие переключательные механизмы или использовать течение воды только в одном лишь направлении, что уменьшало ровно наполовину продолжительность работы. Этот недостаток был устранен лишь тогда, когда с развитием техники удалось создать водяные турбины с вертикальными осями, которые легко могут быть монтированы так, чтобы вода, независимо от того течет ли

она по направлению от моря или обратно, протекала через эти турбины все время в одном и том же направлении. Посредством таких турбин имеется возможность, по предложению Кноблоха, оборудовать силовые установки для использования энергии воды приливов и отливов следующим образом: морская бухта отгораживается от моря огромной мощной плотиной, чтобы, таким образом, получить как можно большее хранилище для воды. На самой плотине строится турбинная установка со многими турбинами, которые, согласно рис. 17, расположены в камере А и соединены попарно так, что они совместно приводят в действие установленные между ними динамо постоянного тока. Под каждой турбинной камерой А построена водоотводная камера В, куда вода стекает после прохождения ее через турбину, где она совершила свою работу. Как турбинные, так и водоотводные камеры соединены отверстиями с одной стороны с морем, а с другой — с водохранилищем; при надобности отверстия эти могут быть закрываемы шлюзами. Помимо этого, в плотине имеются еще другие большие пропускные проходы, закрываемые шлюзами, которые непосредственно соединяют водохранилище с морем. Турбины устроены так, что они дают наибольшую мощность, при разности уровня в 0,5 метра между внутренней и внешней поверхностью воды, и пропускают лишь столько воды, сколько необходимо для сохранения постоянной разности уровней.

Чтоб наглядно уяснить себе действие такой установки, возьмем момент, когда явление отлива как раз кончается. Все шлюзы открыты; турбины не работают, ибо уровень воды в море и в водохранилище одинаков. Когда начинается прилив, все открытые шлюзы немедленно закрываются. Море начинает постепенно подниматься, в то время как водохранилище сохраняет пока свой самый низкий уровень, который оно имело при отливе. Но как только море поднимется на 0,5 метра выше уровня воды водохранилища, и получается разность уровней вполне достаточная, чтобы приводить в движение турбины,— шлюзы турбинных камер А открываются для соединения этих камер с морем, а шлюзы водоотводных камер В открываются в водохранилище. После этого турбины начинают работать. В это время море продолжает все дальше подыматься, и одновременно с этим в такой же мере подымается вода и в водохранилище. Но так как турбины пропускают лишь столько воды, что первоначальная разность уровней все время сохраняется, то они продолжают и дальше дружно работать в течение около 5 часов. К этому времени прилив достигает своей наивысшей точки (кульминационный пункт), в то время как вода в водохранилище стоит на 0,5 м. ниже ее. Ввиду того, что прилив начинает вслед за этим сейчас же убывать, то последнюю волну прилива возможно захватить только путем немедленного открытия всех шлюзов больших водо-пропускных проходов. Этим



Рис. 17. Водо-силовая установка для использования прилива и отлива (по проекту Кноблоха). А – турбинная камера, В – водоотводная камера.

путем вода внутри и снаружи приводится на одинаковый уровень. Тогда немедленно закрываются все шлюзы, и ждут пока уровень воды снаружи не упадет вследствие наступающего отлива на 0,5 м. В этот момент турбинные каналы открываются для сообщения с водохранилищем, а водоотводные каналы — с морем. Вода из водохранилища течет обратно в море, проходя по турбинам в прежнем направлении, — сверху вниз, вращая их в том же направлении что и раньше.

Турбины работают теперь опять около 5 часов, после чего открывают все шлюзы водохранилища, благодаря чему обе поверхности устанавливаются на одном и том же уровне. Как только это произошло, процесс начинается сначала, новым закрытием шлюзов при наступлении прилива. На 6 часов прилива и 6 часов отлива приходится 10 рабочих часов. За такое же время обыкновенные мельницы, работающие использованием прилива, дают максимум 3 рабочих часа, так как разность между уровнями внутри и снаружи, при самостоятельном опорожнении водохранилища, через 3 часа окончательно выравнивается.

Гамбургскому инженеру Е. Ф. Пейн'у (E. F. Pein'y) принадлежит заслуга практического использования приливов и отливов в большом масштабе. Он выступил около 1910 г. с большим проектом электрической установки, основанной на использовании энергии приливов и отливов. Эту установку он предлагал устроить при Гузуме на Северном море для снабжения электрической энергией большую часть Шлезвиг-

Гольштейна. Для осуществления этого проекта основано было общество под названием «Водосиловое акционерное О-во» («Wasserkraft — Anlagen G. m. b. H.»), в которое вошли крупные промышленные фирмы. Гузум (Husum) был избран им как место постройки, во-первых, потому, что он расположен на Северном море, особенно благоприятствующем явлениям прилива и отлива, а во-вторых, потому, что у самого входа в бухту там расположен остров под названием «Nordstrand», соединенный посредством плотины с материком. Последнее обстоятельство очень благоприятствует созданию больших водохранилищ с небольшими затратами. Рис. 18 изображает план местности и одновременно показывает, что установка имеет 3 водохранилища, образуемые с одной стороны имеющейся уже там плотиной, длиной в 2.800 метров, а с другой — тремя новыми плотинами, которые еще должны быть возведены (северная, средняя и южная плотины). Крайние плотины имеют в высоту 6,2 метра; ширина их у основания равна 80 м., а у вершины — 4 м. Средняя плотина имеет ширину у основания 70 м., а у вершины — 2 м. Водохранилище R, занимающее площадь в 1000 гектаров, служит в качестве запасного для дополнительного наполнения водой верхнего бассейна H в случае необходимости временного увеличения мощности установки; так что в качестве постоянно работающих водохранилищ остаются только два: верхний бассейн H, площаль которого равна 620 гектар, и нижний бассейн N площадью в 850 гек-

таров, разделенные друг от друга средней дамбой. Эта система из двух водохранилищ имеет, как мы дальше увидим, большое преимущество перед системой, состоящей из одного водохранилища, так как она обеспечивает беспрерывное действие установки во все время прилива и отлива.

На рис. 18 изображен вид с птичьего полета всей установки, которая должна иметь мощность в 7500 лош. сил. Эта силовая установка имеет 7 турбинных камер. В каждой из них работают по 2 турбины, которые сообща приводят в действие по одному генератору постоянного тока. Три из этих камер расположены между морем и главным верхним водохранилищем, а 4 остальных расположены между морем и так называемой передней камерой расположенной между верхним и нижним водохранилищами. Каждая турбинная камера, как видно из рисунка 17, соединена своим турбинным и водоотводным каналами с морем и с водохранилищем. Все эти каналы закрываются шлюзами.

Между верхним бассейном и передней камерой, а также между последней и верхним бассейном устроена плотина с тремя шлюзами, так что соединение передней камеры с каждым из двух остальных водохранилищ может быть по желанию прервано или открыто. Затем, между верхним бассейном и морем, равно как и между нижним бассейном и морем, устроены большие плотины со шлюзами, которые должны способствовать быстрому выравниванию уровней.



Рис. 18. Вид с птичьего полета проектируемой около Гузум'а силовой установки, использующей явления прилива и отлива.

Вся установка работает следующим образом: ночью, когда отлив кончается, все шлюзы сразу открываются, так что уровень воды в обоих водохранилищах находится на такой высоте, как и в море. Как только вода в море начинает прибывать, все шлюзы закрываются. После $1^1/_2$ часов, когда уровень моря успел уже подняться на 1 метр, все шлюзы турбинных камер открываются по направлению к морю, а шлюзы водоотводных камер открываются по направлению к передней камере и к верхнему бассейну. Вода течет тогда из моря, произведя на своем пути полезную работу, через все 14 турбин по направлению к передней камере и к верхнему бассейну. В это время уровень закрытого нижнего бассейна сохраняет свою прежнюю самую низкую высоту, которую он имел при отливе.

После четырехчасовой работы уровень воды в море успел уже подняться на 3 м. выше своего уровня при отливе, в то время когда уровень воды в верхнем бассейне за то же время поднялся на 1 м. Теперь прерывают сообщение между передней камерой и верхним бассейном закрытием шлюзов и соединяют переднюю камеру с нижним бассейном. Вода течет теперь через все 8 турбин при разности уровня в 3 метра между морем и нижним бассейном.

В это время уровень воды в море и в верхнем бассейне выравнивается.

Подобное комбинирование уровней в дальнейшем дает возможность работать беспрерывно в течение

целого дня. Ниже приведенная таблица показывает, как используется в разные часы дня разность уровней между морем и водохранилищами.

Время.	Вода течет, произведя полезную работу.		Разность ур. в метр.	Кол. раб. турбин.	Мощность в лош. силах часах
	от	к			
2 ч. утра.	моря	верхн. басс.	1	14	19,976
6 ч. »	»	»	2	14	
6 ч. »	»	нижн. басс.	3	8	14,746
9 ч. 45 м. »	»	»	1,20	8	
9 ч. 45 м. »	верхн. басс.	морю	0,80	14	11,123
11 ч. 45 м. »	»	»	1,85	14	
11 ч. 45 м. »	нижн. басс.	»	1,20	8	3,450
1 ч. 45 м. поп.	»	»	1,10	8	
2 ч. 30 м. »	моря	верхн. басс.	0,90	14	17,907
6 ч. 45 м. »	»	»	1,95	14	
6 ч. 45 м. »	»	нижн. басс.	2,30	8	6,969
9 ч. 30 м. »	»	»	0,95	8	
9 ч. 45 м. »	верхн. басс.	морю	0,80	14	6,919
12 ч. 30 м. »	»	»	2,15	14	
		Мощность за день			83,790

Выравнивание уровней между морем и верхним бассейном производится: во время самого низкого уровня воды в море—в конце отлива и во время самого высокого уровня—в конце прилива. А выравни-

вание уровней между нижним бассейном и морем производится некоторое время спустя после этого, чем достигается возможность почти беспрерывного действия установки. Только в промежутках времени (между 12 ч. 30 м. ночи до 2 ч. утра и между 1 ч. 45 м. до 2 ч. 30 м. пополудни) работа прерывается из практических соображений. Мощность установки, как видно из таблицы, неравномерна и меняется в разные часы дня; потребление энергии тоже происходит неравномерно. Чтобы выравнять происходящие из-за этого колебания в силе тока и в нагрузке, употребляют генераторы постоянного тока. Благодаря этому имеется возможность установить аккумуляторную батарею, которая заряжается во время самой большой мощности, чтобы затем отдавать накопленную ею энергию во время малой мощности. Но известно, что для передачи энергии на большие расстояния постоянный ток не годится. Поэтому предварительно превращают его в переменный ток посредством вращающихся мотор-генераторов, причем его напряжение растет с 220 до 5.000 вольт. Затем посредством трансформаторов напряжение доводится до 15.000 вольт, при котором ток по кольцевой сети будет подаваться к местам потребления.

Ежегодные расходы этой установки оцениваются в 500.000 золотых марок, включая в эту сумму как амортизацию, так и проценты на затраченный капитал в 4,3 миллиона золотых марок. На основании этого себестоимость 1 лошадиной силы — часа исчи-

слена в 1,6 золотых пфенига — сумма весьма небольшая.

Таким образом, пришли к окончательному выводу, что стоимость 1 лошадиной силы при данной установке обходится гораздо дешевле, чем при использовании какого-либо другого из существующих источников энергии.

Между тем во время одной дискуссии, происходившей в «Союзе немецких инженеров гамбургской области» (в г. Гамбурге), все расчеты этой установки подверглись основательной критике; также критиковались детали проекта и в некоторых других местах. Прежде всего сомневались в возможности наполнять и опорожнять водохранилища при помощи прилива и отлива так, чтобы уровень воды в них, приблизительно хотя бы, равнялся уровню моря. Для достижения этого было бы необходимо придать шлюзам очень большие размеры. В противном случае турбины не имели бы ту положенную в основу их расчета разность уровней, которая необходима для правильной их работы. К сомнениям гидравлического характера присоединялись еще и финансовые.

Техники и строители утверждали (на основании некоторых практических результатов в области устройства дамб), что устройство больших дамб, подвергаемых притом во время постройки весьма переменчивым давлениям вследствие все время меняющегося уровня воды, должно обойтись гораздо больше, чем предполагаемая сумма в 3, 5 миллиона золотых марок.

Затем электротехники заявляли, что одни электрические машины и приспособления обойдутся не менее, чем в 1 миллион марок, в то время как по смете проекта все машины, вместе с необходимыми для них постройками, должны обойтись лишь в 800.000 марок. Наконец, упущена была из виду стоимость выемки 14 миллионов куб. метров почвы, необходимая для того, чтобы сделать все водохранилища достаточно глубокими; к тому еще ко всей смете забыли причислить стоимость земли, которую необходимо приобрести от управления государственными имуществами, в ведении которого находится эта земля.

Трудно судить, насколько эти возражения основательны, так как при деловом обсуждении всего этого проекта сталкивается очень много различных отраслей науки: морская наука, прикладная геология, практическая гидравлика, гидротехника, электротехника, турбиностроение, метеорология, учение о народном хозяйстве и пр. Никто не в состоянии все эти науки основательно изучить, чтоб дать окончательное безошибочное мнение о всем проекте в целом. Мнение отдельных специалистов по различным отраслям науки невольно будет односторонним вследствие пренебрежения ими отдельных важных факторов, что приводит опять к весьма неправильным теоретическим предпосылкам.

Таким образом, лишь практическое испытание может показать, как будет обстоять дело в действительности. Это мнение разделяло также и «Общество Водо-силовых установок в Германии» («Wasserkraftanlagen G. m. b. H»), которое для испытания решило построить пробную установку. Постройка таковой закончилась в сентябре 1913 года, мощность ее была невелика, так как это не являлось главной целью строителей, а их интересовало, главным образом, во-первых, разрешение вопроса о возможности непрерывного действия установки, а во-вторых, потребуются ли при этом машины со специальными конструкциями и приспособлениями или достаточны будут обыкновенные выпускаемые в продажу типы машин. По имеющимся сведениям оба эти вопроса разрешены были в положительном смысле. К исследованию некоторых других факторов (опасность занесения водохранилищ песками и пр.) не было приступлено, так как этому помешала мировая война, из-за которой пришлось прекратить испытания и снести и уничтожить всю эту опытную установку, что естественно повлекло за собой приостановку всего плана.

О возобновлении его пока ничего неизвестно. Но «нет худа без добра», ибо вследствие обнаружившегося в результате мировой войны угольного голода во всех странах начались усиленные поиски новых источников энергии. Во Франции и в Англии, где явления прилива и отлива наблюдаются в особенно сильной форме, этим вопросом заинтересовались и правительства этих стран. В первой из них интерес этот носил скорее платонический характер: создана

была комиссия, которая должна была одобрить предполагаемую постройку испытательной установки вблизи Бреста. В Англии же за дело взялись более серьезно: министр путей сообщения опубликовал план группы инженеров, заключавшийся в постройке у устья реки Северн, при впадении ее в море, самой большой силовой установки в мире, которая дала бы 1 миллион лошад. сил — против 385.000 Р. S., получаемых на Ниагарском водопаде, мощность которого является пока мировым рекордом.

Река Северн, истоки которой начинаются в Уэлсе, протекает по значительной части Западной Англии и впадает, как видно на рис. 19, вблизи Глостера (Gloucester) в фиордообразный морской рукав шириной около 3 километров, носящий в начале название реки; затем рукав этот, постепенно расширяясь, переходит в Бристольский канал. В образуемой таким образом растянутой, глубокой бухте действие прилива необыкновенно сильно, ибо во время наибольшего прилива вода подымается на 12,5 метров, а во время наименьшего все же достигает 9 метров.

Так как к тому еще естественная форма берегов реки Северн, которые у устья очень круты, а выше вверх по течению более пологи, особенно благоприятствует устройству плотины,—поэтому здесь имеется возможность с относительно небольшими затратами устроить такое водохранилище, какое до сих пор еще никогда не осуществлялось на практике человеческими руками.

Проект предусматривает устройство железо-бетонной плотины, длиной в 4 километра, выше Бичлей (Beachley) около Бристоля, которая отделит собой площадь в 70 квадр. километров для водохранилища. Этим будет одновременно образован порт, который придется здесь очень кстати, так как, с одной стороны, он будет достаточно глубок, чтоб служить пристанью для океанских пароходов, а с другой—будет расположен в непосредственной близости к английским промышленным центрам (угольный округ Валис), что явится для него огромным преимуществом.

Город Бирмингам, например, приблизится из-за этого на 30—40 километров к морю.

Порт этот, вдоль обоих берегов которого смогут быть устроены верфи и береговые сооружения на огромнейшем протяжении, в состоянии будет окупить весьма значительную часть расходов по постройке всей установки. Другая часть расходов окупится устройством большого железнодорожного моста, который давно проектировался на этом месте реки Северн, чтоб улучшить весьма важную связь Южного Валиса с остальной Англией, до сих пор поддерживающуюся здесь Севернским подводным туннелем. Благодаря такому мосту прежнее сообщение между Валисом и остальной частью Англии сократится на 50 километров.

Расстояние между Кардифом и Бристолем сократится даже на целых 85 километров. Одновременно

мост этот даст возможность открыть по нему движение автомобилей и пешеходов, которое невозможно было производить в туннеле.

С все возрастающим развитием автомобильного транспорта это обстоятельство приобретает особенно важное значение.

Схематический вид всей установки с птичьего полета по рис. 19 представится нам следующим образом: сначала мы видим огромную мощную плотину, отделяющую водохранилище от моря. В плотине устраивается целый ряд шлюзовых отверстий, которые автоматически открываются и закрываются при наступлении прилива и отлива. За плотиной проходит большой мост, имеющий посредине разветвление. Это необходимо сделать из-за построенных у самого входа в порт больших шлюзов, служащих для пропуска морских судов. Приведение в действие этих шлюзов мешало бы частью железнодорожному движению; при описанном устройстве установки один из двух подъемных мостов чрез шлюзы при всех обстоятельствах может всегда служить для проезда. Дальше за мостом расположен порт. Турбины и генераторы, превращающие водяную силу в электрическую энергию, установлены на самой плотине по обеим сторонам въезда к судовым шлюзам.

Установка рассчитана на среднюю мощность в 375.000 киловатт (500.000 P. S.) при 10-часовой работе в день. Каждый комплект машин должен



Рис. 19. Вид с птичьего полета проектируемой водо-силовой установки, использующей явления прилива и отлива у устья реки Северн, вместе с проектируемым портом.

давать 1300 киловатт, так что всего нужны будут 280 групп.

Так как высота напора воды колеблется между 1,5 и 9 метр. (иногда подымаясь на 3 м. в час!), то турбины устроены так, что они всегда могут быть регулируемы и давать в разное время различное количество оборотов (от 40—80 в минуту).

Турбины, со своей стороны, посредством зубчатой передачи приводят в движение генераторы постоянного тока. Даваемый ими ток, напряжение которого автоматически (или вручную) постоянно регулируется на 525 вольт, превращается при помощи одноякорного умформера в переменный ток в 330 вольт. Это напряжение доводится посредством трансформаторов частью до 60.000 и частью до 120.000 вольт и лишь в таком виде поступает для дальнейшей передачи на большие расстояния.

Установка в этой части должна работать лишь во время отлива. Чтоб иметь возможность, несмотря на это, непрерывно работать и к тому еще одновременно использовать также и максимальные мощности во время наибольшего прилива, проект предусматривает устройство еще одной подсобной установки.

Она состоит из напорного озера в Уайтале (Wye-Tal) и силовой установки около Тинтерн (Tintern) (срав. рис. 19). Для пополнения озера водой служат центральные насосы мощностью в 15.000 лош. сил, приводимые в движение избыточной энергией, имеющейся на силовой установке в Северн. Насосы накачивают в озеро воду из реки Уай (Wye) через особый трубопровод, диаметр которого равен 12 м., а длина его—1,2 километра. Напорные высоты при этом не указываются.

Установка в Тинтерн будет обладать средней мощностью также в 375.000 киловатт (500.000 P.S.), так что обе эти совместно работающие установки (при Северн и Тинтерн) во время наибольшего прилива будут иметь наивысшую мощность в 700.000 киловатт или 1.000.000 лош. сил.

В установке при Тинтерн имеются комплекты в 13.000 киловатт, состоящие из турбины, центробежного насоса и динамо переменного тока; динамо служат там одновременно для приведения в движение центробежных насосов; будучи снабжены током из силовой установки в Северн'е, они работают, как моторы для переменного тока.

Общая стоимость всех установок определена в 30 миллионов фунтов стерлингов, а себестоимость 1-го киловаттчаса электрической энергии равна 0,5 фартинга (farting).

Продолжительность постройки всех установок рассчитана на 7 лет. По окончании постройки предполагается, что эта мощнейшая установка съэкономит Англии $3^{1}/_{2}$ миллиона тонн угля ежегодно.

Техническая пресса скептически отнеслась к этим цифрам. Прежде всего указывалось на большую стоимость гидротехнических работ и огромных ма-

шинных установок, амортизация которых должна будет увеличить указанную себестоимость энергии.

А в дальнейшем возникают еще сомнения в том, найдется ли на первое время спрос на такое большое количество энергии? Вероятнее всего, что придется поэтому рассчитывать на неполную нагрузку установки в течение первых нескольких лет. Кроме того, следовало бы вообще, раньше чем взяться за осуществление такого грандиозного плана, произвести сперва основательные физико-технические исследования для того, чтобы поставить на твердую научную основу разрешение всей проблемы о возможности использования явления прилива и отлива вообще и у устья реки Северн в частности.

Этого мнения в настоящее время придерживается, повидимому, и английское правительство, от которого ожидают соответствующих решений по этому вопросу. Только лишь тогда это грандиозное сооружение перейдет из области бумажных планов на действительную реальную почву.

И если оправдается известие о том, что в Германии тем временем удалось найти способ, дающий возможность избавиться от технических затруднений и препятствий, возникающих при возведении гидротехнических сооружений такого рода (т.-е. при наличии постоянно меняющихся количеств воды в огромных водохранилищах), то в недалеком будущем мы будем свидетелями того, как — благодаря совместной работе мысли инженеров и экономистов — сбудутся

давнишние технические грезы человечества на общее благо всем грядущим поколениям. *)

---

*) По вопросам, затронутым в данной книжке, из литературы на русском языке можно указать на следующие работы:

1. Белый уголь в России — И. Москвитинова. 1923 г., изд. Сабашниковых. Ленинград.

2. Водные силы СССР. — инж. Копылов. 1924 г., изд. Академии Наук. Ленинград.

3. Белый уголь (Северная область). — 1921 г., изд. Академии Наук. Ленинград.

4. Белый уголь (Белый уголь на Кавказе). — 1924 г., изд Академии Наук. Ленинград.

5. Ветросиловые башни Флеттнера. — Кажинский. 1925 г., изд. Главн. Управл. Коммунального Хозяйства НКВД. Москва.

6. Свободные силы природы и их использование. — Добровольский, изд. Госиздат.

7. Рессурсы энергии в СССР. — Проф. Рамзин. 1925 г., изд. Госплан, журн. Плановое Хозяйство № 1 и № 2.

Ред.

